

На правах рукописи



Воробьев Александр Павлович

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ВОДЫ В МЕЖНЕРЕСТОВЫЙ ПЕРИОД
НА ГАМЕТОГЕНЕЗ И РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
САМОК СИБИРСКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER BAERII* BRANDT, 1869)
В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВ**

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

Калининград – 2023

Работа выполнена в Филиале по пресноводному рыбному хозяйству федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)), пос. Рыбное

Научный руководитель: доктор биологических наук, старший научный сотрудник,
МЕЛЬЧЕНКОВ Евгений Алексеевич,
заведующий лабораторией осетроводства и акклиматизации
Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО»
(«ВНИИПРХ»)

Официальные оппоненты:

ПОНОМАРЕВ Сергей Владимирович, доктор биологических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО "АГТУ"), Федеральное агентство по рыболовству, г. Астрахань, профессор кафедры аквакультура и водные биоресурсы

ПИЩЕНКО Елена Витальевна, доктор биологических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ), Министерство науки и высшего образования, г. Новосибирск, профессор кафедры биологии, биологических ресурсов и аквакультуры

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Защита состоится 12 марта 2024 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 37.2.007.05 на базе ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» по адресу: г. Калининград, ул. Профессора Баранова, д. 43, Зал заседаний диссертационных советов (ауд. 101).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научно-технической библиотеке ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» и на сайте https://klgtu.ru/upload/dissertations/vorobev/vorobev_diss.pdf
Автореферат разослан «__» _____ 202_ г.

Отзывы на автореферат следует посылать по адресу: 236022, Калининград, Советский пр., д.1, ФГБОУ ВО «КГТУ», диссертационный совет Д 37.2.007.05, председателю Науменко Е.Н., а также электронный адрес: elena.naumenko@klgtu.ru

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



С.В. Агафонова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Численность осетровых рыб в природных водоёмах в последние десятилетия имеет тенденцию к непрерывному снижению, поэтому многообещающим направлением в развитии аквакультуры стало индустриальное осетроводство, основой которого является создание маточных стад и организация искусственного воспроизводства в условиях, кардинально отличающихся от естественного ареала.

В настоящее время на индустриальных предприятиях в сочетании с установками замкнутого водообеспечения проводятся работы по получению половых продуктов в течение 6-8 месяцев в год, что вызывает определенные трудности по выводу производителей в нерестовый режим в необходимые сроки и использованию этих особей для целей воспроизводства в последующем. На ритм размножения могут повлиять и нарушения гидрологического и гидрохимического режимов в преднерестовый период, в том числе возникновение стрессовых ситуаций, неостребованность зрелых половых продуктов в данный период времени и многое другое. Все эти факторы могут являться основополагающими для исследований малоизученного процесса гаметогенеза у сибирского осетра в неспецифических для него условиях индустриальных хозяйств.

Для успешного решения поставленных задач необходимо всестороннее изучение процесса резорбции у сибирского осетра при прохождении половых циклов в зависимости от температуры воды, как одного из основных факторов, влияющих на созревание объектов аквакультуры, в том числе при содержании в условиях тепловодных хозяйств.

Эти знания позволят оптимизировать рыбоводные технологические процессы и направить их развитие в нужном для человека направлении, создавая при этом необходимые условия для стабильного созревания самок осетровых рыб при прохождении ими отдельных звеньев полового цикла, что является актуальным направлением исследований, позволяющим оценить влияние температуры воды на протекание процесса гаметогенеза и разработать и совершенствовать методы управления созреванием сибирского осетра в условиях промышленных осетровых хозяйств различного типа.

Степень разработанности темы. Сибирский осетр один из основных объектов товарной аквакультуры России. В 1981 году во ВНИИПРХ было получено первое потомство от производителей сибирского осетра выращенных в условиях тепловодного индустриального хозяйства (Смольянов, 1987). С этого времени сибирский осетр вошел в практику товарного осетроводства не только в России, но и далеко за ее пределами (Кривцов, Козовкова, 1997; Майоров, Хрисанфов, 2016; Arlati, Bronzi, 1995; Bronzi et al., 1999; Williot, 2001; Bronzi et al., 2019). Вопросами изучения гаметогенеза осетровых рыб занимались как отечественные, так и зарубежные исследователи. Проведенные авторами исследования половых циклов при естественной температуре воды носили в основном отрывочный характер (Акимова, 1985; Шихшабеков, 1985; Подушка, 1989, 1999, 2000; Сакун, Свирский, 1992; Чмилевский, 2000; Микодина и др., 2009; Рабазанов, 2010; Чебанов, Галич, 2013, Williot, Brun, 1998). Гаметогенез сибирского осетра в условиях тепловодных хозяйств оставался малоизученным. Исследования по изучению взаимосвязи процесса оогенеза с температурой воды в условиях индустриальных хозяйств различного типа подтвержденным гистологическим материалом с оценкой ее влияния на половые циклы и разработкой практических рекомендаций для рыбоводных хозяйств отрасли по повышению продуктивности маточных стад сибирского осетра впервые выполнены во ВНИИПРХ (Мельченков и др., 2018, 2019, 2020; Воробьев, 2019, 2022, 2023; Илясова и др., 2020).

Цель: Изучение влияния температурного режима воды в межнерестовый период на гаметогенез и репродуктивные показатели самок сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) в условиях индустриальных хозяйств различного типа.

Основные задачи исследований:

- изучить развитие воспроизводительной системы сибирского осетра на разных этапах онтогенеза в зависимости от суммы тепла;

- проанализировать влияние температуры воды на продолжительность резорбции половых продуктов самок сибирского осетра;

- оценить влияние пропуска нереста и условий дальнейшего выращивания на репродуктивные характеристики осетровых рыб и их потомство;

- исследовать влияние различной температуры воды на протекание половых циклов, ритм размножения рыб.

Научная новизна. Впервые отражены процессы прохождения оогенеза у сибирского осетра при формировании ремонтно-маточных стад и межнерестового интервала в зависимости от температуры воды. Установлены технологические аспекты, влияющие на развитие воспроизводительной системы и продуктивность самок сибирского осетра. Проведена оценка влияния пропуска нереста и условий дальнейшего выращивания на репродуктивные характеристики самок сибирского осетра и их потомства в условиях индустриальных хозяйств.

Теоретическая и практическая значимость работы. На основании выполненных исследований получен комплекс данных, позволяющих представить общую характеристику половых циклов самок сибирского осетра. Определены технологические аспекты, влияющие на продуктивность самок сибирского осетра в условиях индустриальных хозяйств. Разработаны рекомендации по повышению продуктивности маточных стад сибирского осетра за счет управления созреванием самок в индустриальных условиях. Используется в отделе Конаковский Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), г. Конаково Тверской области.

Методология и методы диссертационного исследования. В исследованиях использованы методы, включающие анализ литературных источников, посвященных вопросу развития гаметогенеза, оценке влияния температуры воды на репродуктивную потенцию, половые циклы у сибирского осетра в условиях индустриальных хозяйств.

На основании экспериментальных и производственных работ приведена общая характеристика половых циклов самок сибирского осетра в разных условиях содержания. Определены технологические аспекты, влияющие на продуктивность самок сибирского осетра.

Морфологические и гистологические характеристики производителей получали по общепринятым методам.

Положения, выносимые на защиту:

1. Протекание процессов гаметогенеза зависит от суммы тепла, что дает возможность смещения половых циклов с целью получения высококачественных половых продуктов в необходимые сроки от производителей сибирского осетра в условиях индустриальных хозяйств.

2. Под воздействием температурного фактора на гаметогенез сибирского осетра в нетрадиционные сроки меняется общая структура маточного стада, сопровождающаяся изменением режима воспроизводства.

3. Технологические решения по управлению процессом резорбции после пропуска нереста на репродуктивные характеристики самок сибирского осетра и их потомства дают возможность корректировки ритма размножения за счет создания оптимальных условий для созревания.

Степень достоверности и апробация результатов. В представленной диссертационной работе применялись актуальные методики отбора и обработки гистологических проб. Методы, использованные при выполнении работы, соответствуют поставленным целям и задачам. Представленные выводы базируются на анализе и обобщении полученных результатов и отвечают сформулированным задачам. Научные положения подтверждаются многочисленными экспериментальными данными, которые получены в результате исследований. Основные положения и результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на совещаниях молодых ученых, заседаниях научно-методических советов по проблемам индустриальной аквакультуры и ученого совета филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), международных конференциях: «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса» (Москва, 2019, 2022), «Актуальные

вопросы пресноводной аквакультуры» (Москва, 2022), «Комплексные исследования в рыбной отрасли» (Владивосток, 2023).

Личный вклад соискателя. На протяжении всего периода исследований автор лично участвовал в организации и проведении всех экспериментальных работ по теме исследований, осуществлял камеральную обработку, описание и анализ полученных материалов.

Публикации. По результатам исследования опубликовано 13 печатных работ, в том числе, в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК – 5, материалах международных конференций – 3.

Объём и структура диссертации. Диссертация представлена на 141 странице. Включает введение, 3 главы основной части, заключение, включающее выводы, рекомендации по использованию научных выводов, перспективы дальнейшей разработки темы, перечень сокращений, список использованной литературы и приложения. Основная часть включает 72 рисунка и 30 таблиц. В списке литературы 150 источников, в том числе 22 источника – иностранных авторов. Приложение состоит из двух разделов; включает 4 таблицы и 3 рисунка.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность и благодарность научному руководителю – д.б.н., ст. науч. сотруднику Е.А. Мельченкову, а также сотрудникам лаборатории осетроводства и акклиматизации – д.б.н., ст. науч. сотруднику В.А. Илясовой, к.б.н. В.В. Калмыковой за всестороннюю помощь, поддержку, ценные советы и рекомендации на всех этапах реализации работы.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В индустриальной аквакультуре России сибирский осетр используется с 1981 года, после того как во ВНИИПРХ под руководством И.И. Смольянова впервые в мире было получено потомство от сформированного в условиях индустриального хозяйства маточного стада этого вида (Смольянов, 1987). По состоянию на 2016 год сибирский осетр занимал первое место – 39,5 % от общего мирового объема производства товарной продукции осетровых рыб (Bronzi et al., 2019). В России ремонтно-маточные стада были созданы на многих индустриальных рыбноводных предприятиях различного типа (Кривцов, Козовкова, 1997; Майоров, Хрисанфов, 2016). Основой их эксплуатации является искусственное воспроизводство, базирующееся на изучении состояния гонад и половых циклов сибирского осетра в неспецифических условиях. Многие ученые (Мейен, 1944; Гербильский, 1947; Дрягин, 1949; Казанский, 1949, 1956, 1975; Сакун, Буцкая, 1963; Серебрякова, 1964; Трусов, 1964; Кошелев, 1965, 1981, 1984; Турдаков, 1972; Казанский и др., 1978; Детлаф и др., 1981; Акимова, 1985; Шихшабеков, 1985; Подушка, 1989, 1999, 2000; Сакун, Свирский, 1992; Чмилевский, 2000; Микодина и др., 2009; Рабазанов, 2010; Чебанов, Галич, 2013) в своих исследованиях использовали гистологические методы для выявления взаимосвязи жизнедеятельности организма с условиями существования в естественных и искусственных условиях с целью формирования путей управления процессами развития организма. Разную продолжительность гаметогенеза и случаи его задержки в естественной среде обитания у осетровых рыб в своих работах отмечали В.А. Мейен (Мейен, 1944), П.А. Дрягин (Дрягин, 1949), Н.Л. Гербильский (Гербильский, 1947) и Г.И. Рубан (Рубан, 1999). Самки сибирского осетра в прудах имеют преимущественно двухлетний половой цикл, а в бассейновых и садковых хозяйствах большая или меньшая часть рыб может созревать ежегодно. В естественных условиях межнерестовые интервалы у производителей этого вида составляют не менее 2-3 лет (Подушка, 1999). По данным французских исследователей (Williot, Brun, 1998) в течении пятилетнего эксперимента в индустриальных условиях 35-63 % самок имели двухлетний половой цикл. Знание особенностей протекания процесса оогенеза позволяют создать основу для управления половыми циклами сибирского осетра в условиях индустриальных хозяйств (Илясова, 1995; Илясова и др., 2020, 2022; Мельченков и др., 2020).

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в отделе «Конаковский» и ОСПХ «Якоть» филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») в 2016-2019 гг.

Объектами исследований являлись впервые нерестующие самки сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) ленской популяции генерации 2008 г., шестого поколения доместикации, культивируемые в условиях прямotoчного бассейнового цеха (ПБЦ) со среднегодовой суммой тепла 5500 градусо-дней и цеха длительного выдерживания (ЦДВ) установки замкнутого цикла водообеспечения (рисунок 1).



Рисунок 1 – Самка *Acipenser baerii* ленской популяции

Контрольная группа самок сибирского осетра включала 5 особей средней массой 11,2 кг (9,2-12,8 кг) со средним коэффициентом поляризации ооцитов 6,8 (6,0-7,5) на конец декабря 2016 г. – в конце января 2017 г. от данной группы получили половые продукты. Экспериментальная группа состояла из 15 зрелых самок средней массой 11,5 кг (9,1-14,0 кг) со средним коэффициентом поляризации ооцитов 8,9 (7,4-11,4) на конец декабря 2016 г. – их поместили в разные условия содержания для прохождения процесса резорбции ооцитов.

При оценке влияния температуры воды на процесс гаметогенеза, а также смещение сроков созревания и качество полученного потомства для экспериментальных групп в 2017 г. были смоделированы различные условия содержания производителей: 5 самок первой группы (опыт 1) содержались в «оптимальных» условиях прямotoчного бассейнового хозяйства с общей суммой тепла 4542 градусо-дней; для 5 самок второй группы (опыт 2) были созданы комбинированные условия содержания (прямotoчный бассейн – пруд – прямotoчный бассейн) для моделирования и получения общей суммы тепла 3617 градусо-дней; 5 самок третьей группы (опыт 3) размещались в бассейне цеха длительного выдерживания УЗВ при сумме тепла 2446 градусо-дней.

Эксперименты начались 7 марта 2017 г., когда группу «опыт 3» перевели в цех длительного выдерживания УЗВ отдела «Конаковский». Опыт закончился 15 ноября 2017 г. после проведения осенней бонитировки перед зимовкой, к этому времени все самки уже находились в идентичных условиях – прямotoчном цехе отдела «Конаковский». Спустя год единственная из 15 опытных особей самка № 7620 (опыт 1) к зиме 2018 г. созрела, и было получено потомство.

В 2018 г. к изначальной первой контрольной группе рыб (условия ПБЦ) дополнительно была введена новая контрольная группа рыб того же поколения и генерации средней массой 12,3 кг (9,0-15,1 кг), от которой было получено потомство, а также экспериментальная (повтор «опыта 1») – 10,8 кг (8,9-13,9 кг). В дальнейшем за самками вели наблюдение и брали щуповые пробы вплоть до ноября 2018 г.

В качестве стимулятора полового созревания самок использовали гипофиз карповых рыб (предварительная инъекция – 0,4-0,6 мг/кг, разрешающая – 5-6 мг/кг). Получение половых продуктов от производителей проводили по методу С.Б. Подушка (Подушка, 1986), оплодотворение икры осуществляли полусухим способом. Для обесклеивания икры использовали суспензию танина (2,5 г на 5 л воды). Для наблюдения за развитием икры периодически отбирали пробы с таким расчетом, чтобы не пропустить контрольные стадии развития (четыре бластомера, большая желточная пробка, широкая нервная пластинка, подвижный эмбрион) (Детлаф и др., 1981).

Подращивание личинок сибирского осетра проводили в прямоточных лотках Ейского типа в двойной повторности с использованием стартовых кормов Inicio Plus фирмы Biomar и Advance фирмы Sorrens.

Сбор, фиксацию и обработку гонад и гистологических проб проводили по общепринятым методикам (Ромейс, 1953; Микодина и др., 2009). При описании стадий зрелости гонад и развития половых клеток использована универсальная шкала стадий зрелости (Сакун, Буцкая, 1963) с некоторыми дополнениями, характерными для процесса полового созревания у осетровых рыб (Персов, 1970, 1971, 1975; Казанский, 1950, 1956; Серебрякова, 1964; Трусов, 1964, 1972; Фалеева, 1965, 1971; Макеева, 1992). Для качественного выражения степени зрелости ооцитов определяли коэффициент поляризации ядра (Казанский и др., 1978) с предварительной фиксацией в жидкости Серра. В рыбоводной практике коэффициент поляризации (K_n) принято выражать отношением:

$$K_n = \frac{l}{L} \times 100,$$

где l – расстояние от ядра до оболочки анимального полюса ооцита;

L – наибольшее расстояние по оси от анимального до вегетативного полюса.

Чем меньше значение l , тем больше поляризован ооцит и тем он ближе к завершению IV стадии созревания гонад. Диаметр ооцитов измеряли при помощи окуляр-микрометра (не менее 10 икринок от каждой самки).

Отбор проб половых продуктов самок сибирского осетра осуществляли прижизненно методом биопсии и фиксировали в 70%-ном спирте, затем обезживали в спиртах возрастающей концентрации, заливали парафином и готовили парафиновые срезы. Для приготовления поперечных срезов толщиной 7-8 мкм использовали микротом РОТМИК-2, далее их освобождали от парафина и окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну. Окрашенные срезы на стеклах заключали в канадский бальзам. Изучение и анализ гистологических срезов проводили с использованием микроскопа Микромед-2 и цифровой камеры для микроскопа серии TourCam. Анализу подвергались несколько участков проб гонад или яиц от каждой особи.

Определение морфометрических данных рыб проводили по методам, разработанным В.Д. Крыловой и Л.И. Соколовым (Крылова, Соколов, 1981). Обработку данных осуществляли с помощью стандартной программы Microsoft Office Excel 2010. Для всех морфометрических признаков были вычислены стандартные статистические параметры: средняя (M), её ошибка ($\pm m$) и коэффициент вариации (CV). Рассчитан коэффициент массонакопления (Стандартная модель массонакопления ..., 1978).

Объём исследованного материала и принципиальная схема исследований оценки влияния температурного режима воды в межнерестовый период на гаметогенез и репродуктивные показатели самок сибирского осетра в условиях промышленных хозяйств представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Количество исследованного материала

Количество проведенных исследований	Значение
В экспериментах использовано производителей	40
Исследовано производителей на морфометрические показатели	37
Биопсийные пробы на определение стадий зрелости и гистологический анализ	374
Исследование проб неоплодотворенной икры	1100
Исследование проб оплодотворенной икры	3300
Исследование проб молоди	3250
Изготовлено и исследовано гистологических срезов икры	15330

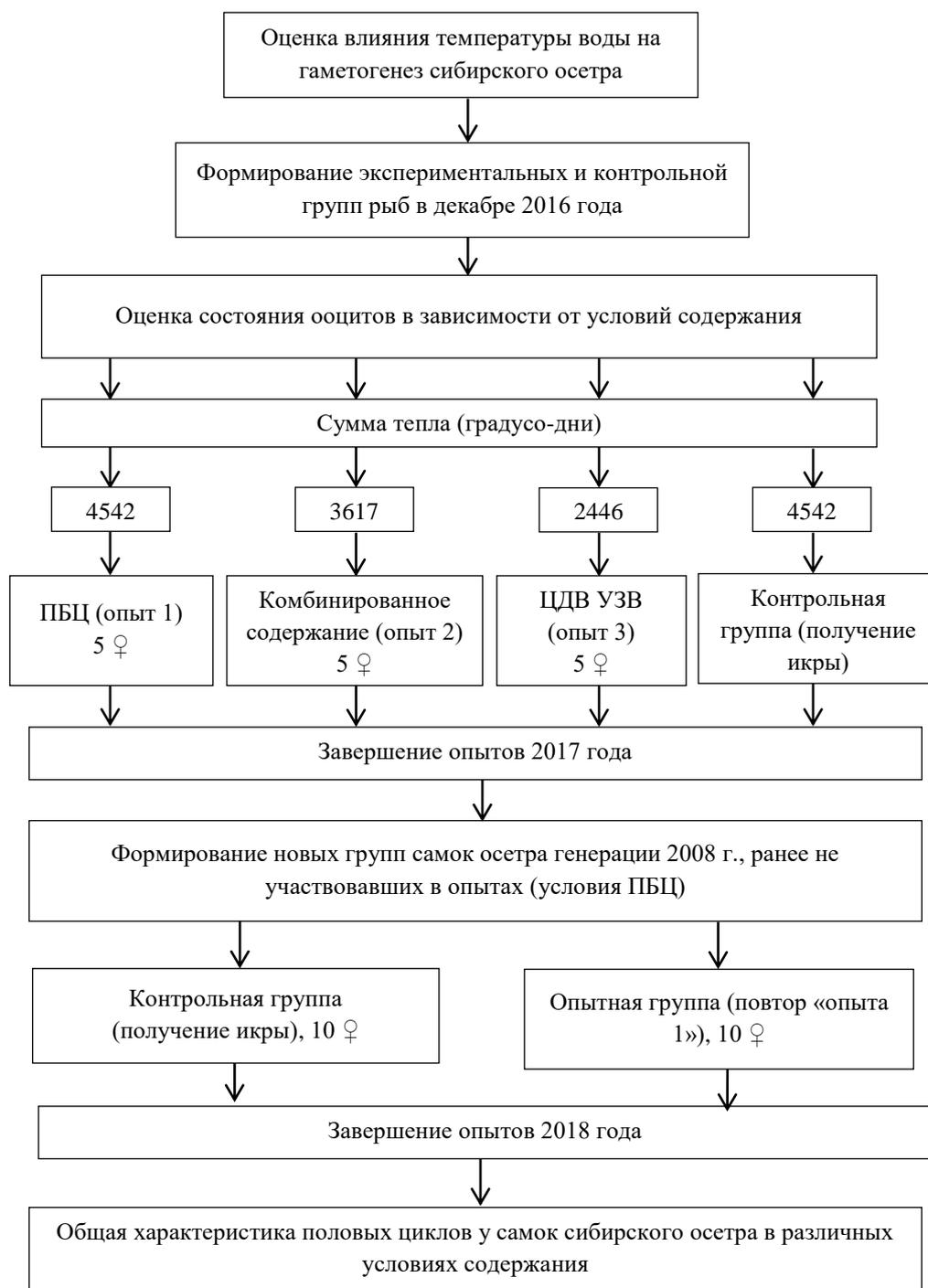


Рисунок 2 – Схема исследований

Разница в общей сумме тепла при проведении исследований по изучению гаметогенеза сибирского осетра в условиях промышленных хозяйств различного типа составляла около 2000 градусо-дней.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выращивание осетровых рыб в условиях промышленных хозяйств базируется на формировании маточных стад, получении от них потомства, выращивании посадочного материала для целей реакклиматизации и получении товарной продукции. Поэтому вопрос созревания самок и организация воспроизводства в условиях, далеких от естественных, при высоких годовых суммах тепла 5000 градусо-дней и более представляет определенный научный и производственный интерес.

3.1. Оогенез самок сибирского осетра ленской популяции

В развитии яйцевых клеток выделяют четыре периода: синаптенный путь, протоплазматический рост (превителлогенез), трофоплазматический рост (вителлогенез), период созревания.

У молоди сибирского осетра в возрасте двух месяцев (средняя масса 3,2 г) гонады находятся в индифферентном состоянии. В возрасте 1 года при сумме тепла 5829 градусо-дней гонады представлены лентовидными тонкими тяжами, наблюдается цитологическая дифференцировка пола, средний размер ооцитов составляет 21,7 мкм. Для яичников характерна I-II полужировая стадия зрелости. Яйцевые пластины в гонадах небольшие, все пространство заполнено ооцитами однослойного фолликула периода протоплазматического роста.

В двухгодовалом возрасте при сумме тепла 11526 (730 суток, 15,8 °С) градусо-дней, средней массе рыб 1085 г и коэффициенте зрелости до 0,5 наблюдается II полужировая стадия зрелости – развитие ооцитов протоплазматического роста. При вскрытии пол легко определяется, у самок наблюдается щель-борозда. В трёхгодовалом возрасте при сумме тепла 16866 (1095 суток, 15,4 °С) градусо-дней, средней массе тела 2584 г и коэффициенте зрелости 1,1 продолжается II полужировая стадия зрелости.

В четырёхгодовалом возрасте при сумме тепла 22693 (1460 суток, 15,5 °С) градусо-дней, массе тела 3890 г и коэффициенте зрелости 3,0 гонады находятся на II жировой стадии зрелости, где продолжает осуществляться протоплазматический рост. Вдоль яичника проходит крупный кровеносный сосуд, зернистые ооциты указывают на завершение периода протоплазматического роста.

При достижении пятилетнего возраста при сумме тепла 28181 (1825 суток, 15,4 °С) градусо-дней наблюдается III стадия зрелости – начинается период вителлогенеза.

Дальнейший анализ развития половых клеток в возрасте шести лет показывает, что при сумме тепла 33553 (2190 суток, 15,3 °С) градусо-дней ооциты самок переходят в IV стадию зрелости.

После нереста у рыб наступает «выбой», в гонадах происходит резорбция небольшого количества невыметанной икры и спавшихся фолликулов. Одновременно осуществляется дальнейший рост ооцитов однослойного фолликула новой генерации половых клеток, что характеризует VI-II стадию зрелости гонад.

По результатам исследований можно сделать вывод, что прохождение оогенеза самок в условиях промышленных хозяйств занимает определенный временной интервал, зависящий от температуры воды. В искусственных условиях на предприятиях со среднегодовой суммой тепла 5636 градусо-дней для достижения половой зрелости первой группе (30 % самок) при среднесуточной температуре воды 15,3 °С потребовалось 2190 суток при общей сумме тепла 33553 градусо-дней.

3.2. Влияние процессов резорбции половых продуктов на рыбоводно-биологические показатели самок

В экспериментальных работах 2017 г. участвовали три группы впервые нерестующих самок сибирского осетра ленской популяции генерации 2008 г. в возрасте 9 лет (по 5 рыб в каждой группе) и контрольная группа, отнерестившаяся в том же году – всего 20 меченых индивидуальными электронными метками самок. За начало опыта было принято 7.03.2017 г., когда группу «опыт 3» перевели на зимовку в условия цеха длительного выдерживания УЗВ, которая завершилась 19.09.2017 г.

Для выявления особенностей протекания процесса резорбции у сибирского осетра и оценки влияния абиотических факторов среды (главным образом, температуры воды) на процессы гаметогенеза были смоделированы различные температурные условия содержания производителей (ПБЦ, ЦДВ УЗВ отдела «Конаковский», пруд ОСПХ «Якоть»).

Рыбоводно-биологическая характеристика и исходное состояние ооцитов контрольной и опытных групп рыб, участвующих в эксперименте, представлена в таблице 2.

Таблица 2– Исходная рыбоводно-биологическая характеристика контрольной и опытных групп самок сибирского осетра

Группы рыб	Статистические показатели	Масса, кг	Обхват, см	Длина, см		Ооциты IV стадии зрелости	
				L	l	$K_{п}$	диаметр, мм
Контроль	$M \pm m$	11,2±0,9	51,2±2,6	121,2±5,8	108,3±5,4	6,8±0,5	2,7±0,1
	CV,%	11,8	7,0	6,6	7,6	9,0	5,5
Опыт 1, 2	$M \pm m$	11,8±1,1	51,8±2,0	124,5±4,5	111,6±4,0	8,8±0,7	2,7±0,1
	CV, %	12,6	4,4	5,1	4,6	10,4	3,0
Опыт 3	$M \pm m$	10,9±0,7	50,4±1,3	120,8±3,4	109,1±3,3	9,1±0,9	2,7±0,1
	CV, %	8,6	3,6	3,4	3,7	15,1	4,2

Спустя 50 суток содержания в разных условиях при сумме тепла в 1, 2 опытах 554 (11,1 °С) градусо-дней, опыте 3 – 383 (7,7 °С) градусо-дней у всех самок состояние гонад характеризовалось как IV завершенная стадия зрелости со средним коэффициентом поляризации ядра ооцитов ($K_{п}$) в опыте 1, 2 – 4,3 (8,4-3,3), в опыте 3 – 8,2 (9,0-6,9).

На 105 сутки содержания самок в прямоточных бассейнах отдела «Конаковский», при средней температуре воды 15,4 °С сумма тепла в опыте 1 составила 1619 градусо-дней; в бассейнах цеха длительного выдерживания (опыт 3) – 7,4 °С и 783 градусо-дней, при комбинированном содержании в прямоточных бассейнах (101 сутки) и ОСПХ «Якоть» (4 суток) – 14,9 °С и 1566 градусо-дней (опыт 2).

На 105-е сутки у всех самок, кроме содержащихся в цехе длительного выдерживания, происходит процесс резорбции зрелых ооцитов и рост новой генерации – ооцитов II и III стадии зрелости. В щуповых пробах присутствовали ооциты VI стадии на начальных фазах резорбции – резорбции желтка, имеющих неправильную форму, мраморную окраску. Рядом с ними развиваются ооциты фаз протоплазматического роста II стадии зрелости, имеющие ядро с многочисленными ядрышками и две оболочки – собственную и фолликулярную, также представлены ооциты трофолазматического роста III стадии зрелости (от 500 мкм и более, или 0,5 мм).

На 134-е сутки содержания самок в прямоточных бассейнах (опыт 1) при средней температуре воды 17,0 °С сумма тепла составила 2280 градусо-дней – наблюдается III стадия зрелости гонад. При комбинированном содержании в прямоточных бассейнах (101 сутки) и пруду ОСПХ «Якоть» (33 суток) – 15,0 °С и 2010 градусо-дней (опыт 2) – ооциты находились на II, II-III стадиях зрелости. В бассейне цеха длительного выдерживания УЗВ (опыт 3) средняя температура воды и сумма тепла были 7,1 °С и 948 градусо-дней, наблюдалась IV стадия зрелости гонад.

На 245 сутки (завершение опытов 2017 г.) сумма тепла составила в контроле и опыте 1 – 4542 (245 суток, 18,5 °С) градусо-дней, опыте 2 – 3617 (245 суток, 14,7 °С) и опыте 3 – 2446 (245 суток, 10 °С) градусо-дней.

У контрольной группы рыб, культивируемых в прямоточном бассейне отдела «Конаковский», ооциты 20 % производителей находились на II стадии, 60 % рыб – III стадии развития, 20 % самок имеют гонады IV незавершенной стадии зрелости. Средний диаметр ооцитов новой генерации IV стадии зрелости составлял 2,65 мм, ооцитов III стадии – 1,0-1,78 мм, ооцитов II стадии – до 0,5 мм.

У экспериментальной группы рыб, содержащихся в прямоточном бассейне отдела «Конаковский» (опыт 1), 60 % самок находятся на III стадии, 20 % – III-IV, 20 % – IV стадии зрелости ооцитов. Средний диаметр ооцитов новой генерации IV стадии зрелости – 2,88 мм, коэффициент поляризации ядра 17,0, III-IV – 2,12 мм, III стадии – 1,49 мм.

Во второй экспериментальной группе рыб после летнего содержания в пруду ОСПХ «Якоть» все самки находятся на III стадии, размеры ооцитов варьируют от 0,75 до 1,69 мм, у двух особей имеются резорбирующие ооциты.

Экспериментальная группа самок, находящаяся в условиях искусственной зимовки (ЦДВ отдела «Конаковский»), имела ооциты II-III стадии с диаметром от 0,5 до 1,2 мм, при этом средний размер резорбирующих ооцитов составлял 2,5 мм.

Рассматривая состояние гонад исследуемых видов рыб на конец эксперимента (ноябрь 2017 г.) можно отметить следующее: основным обстоятельством, влияющим на скорость прохождения процесса резорбции и формирования новой генерации ооцитов, исключая другие абиотические факторы среды, является температура воды.

С повышением температуры и увеличением суммы тепла, получаемого рыбой, скорость протекающих процессов увеличивается, а с понижением температуры – уменьшается. Данный фактор позволяет управлять процессом созревания рыб, особенно в условиях рыбоводных хозяйств с регулируемым температурным режимом воды.

3.3. Влияние условий индустриальных хозяйств на оогенез сибирского осетра

Гистологические исследования половых желез самок сибирского осетра, участвующих в экспериментах с 2017 г., позволили установить не только общие закономерности, но и выявить индивидуальные особенности репродуктивных циклов рыб одного возраста, содержащихся в идентичных условиях и подвергшихся воздействию одного из абиотических факторов среды – температуры воды.

3.3.1. Влияние температуры воды на межнерестовый интервал осетровых рыб

Для изучения степени влияния температуры воды на гаметогенез в межнерестовый период экспериментальные группы сибирского осетра в ноябре 2017 г. были дополнены ещё одной группой самок, находящихся на IV стадии зрелости гонад. Это позволило в совокупности с данными по прохождению процессов гаметогенеза других групп рыб расширить показатели динамики стадий зрелости гонад самок сибирского осетра в зависимости от суммы тепла.

В процессе исследований установлено, что в пределах каждой экспериментальной группы реализация генеративной функции в равной степени зависела как от суммы тепла, так и от индивидуальных особенностей самок. Анализ межнерестового созревания 15 самок показал, что для формирования новой генерации икры особям может потребоваться от 3264 до 8221 градусо-дней. Самкам, прошедшим процесс резорбции, требуется от 3264 (153 суток, 21,3 °С) до 8221 (488 суток, 16,8 °С), в среднем 5544 градусо-дней; самкам, участвующим в воспроизводстве – от 4489 (245 суток, 18,3 °С) до 6460 (454 суток, 14,2 °С), в среднем 4954 градусо-дней. В одной группе самок, состоящей из 5 особей, содержащихся в межнерестовый период в одинаковых условиях, сумма тепла может колебаться в широком диапазоне от 3831 (184 суток, 20,8 °С) до 8221 (488 суток, 16,8 °С) градусо-дней. Это подтверждается практическими результатами по периодичности межнерестового созревания самок сибирского осетра в отделе «Конаковский».

При этом наблюдается большой диапазон колебаний временного интервала прохождения половых циклов, резорбционный процесс ооцитов наблюдается у самок всех групп, независимо от прохождения нереста или его отсутствия. В связи с этим трудно уловить у группы самок, участвующих в экспериментальных работах 2017 г., чёткую взаимосвязь температуры воды и периода протекания резорбции. При средней температуре воды 21,5 °С и сумме тепла 1288 градусо-дней у самок № 9593, 3005, 9720 и 7620 продолжительность процесса резорбции составляет 60 суток, в то же время у самок № 2355, 0311, 4095, 7503, содержащихся при температуре 18,3 °С и получивших сумму тепла 1096 градусо-дней – те же 60 суток. У самок № 9716, 6472 при средней температуре 11,2 °С на этот цикл потребовалось 150 суток. У группы опытных самок, не участвующих в нересте (2018 г.), при температуре воды 24,2 °С этот процесс при общей сумме тепла 725 градусо-дней занял всего 30 суток. Аналогичные закономерности наблюдаются и при прохождении других стадий оогенеза (таблицы 3, 4).

Таблица 3 – Динамика стадий зрелости гонад самок сибирского осетра в зависимости от суммы тепла (группы 2017 г.)

Год	2017		2018										
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Градусо-дни	5361	5592	5833	6119	6361	6741	7466	8104	8774	9457	10005	10608	10993
Контроль	9740*	IV	IV	IV									
	7873*	II	II	II	II	II	II						
	3143	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II	II
	6284*	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV		
	9314*	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV		
Опыт 1	9593*	III	III	III	III	III	III	III	III	III	IV		
	3005	III	III	III	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV
	9720	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV
	6053	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV	VI-II	VI-II	III	III	III
	7620	IV	IV	IV	V	VI-II	VI-II	II	II	II-III	IV	IV	IV
Градусо-дни	4679	4910	5151	5437	5679	6059	6784	7422	8092	8775	9323	9926	10311
Опыт 2	7890*	III	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV		
	2355	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	II	II	II	II	II	II
	0311*	III	III	III	III	III	III						
	4095*	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	II	II					
	7503	III	III	III	III	III	III	IV	IV	IV	IV	IV	IV
Градусо-дни	2510	2741	2982	3268	3510	3890	4615	5253	5923	6606	7154	7757	8142
Опыт 3	9716	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	II	II	II	II	III	III
	6472	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	II	II	II	II	II	II
	* отход производителей в последний окрашенный месяц перед пустой ячейкой												

 II Преобладают ооциты II стадии зрелости;
  III Преобладают ооциты III стадии зрелости;

 IV Преобладают ооциты IV стадии зрелости;
  V Нерест;

 VI-II Посленерестовое состояние, процесс резорбции и оогенеза

Таблица 4 – Динамика стадий зрелости гонад самок сибирского осетра в зависимости от суммы тепла (группы 2018 г.)

Год, месяцы	2017		2018										
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Градусо-дни	294	525	766	1052	1294	1674	2399	3037	3707	4390	4938	5541	5926
Контроль	7064	IV	IV	IV	V	VI-II	VI-II	II	II	II-III	III-IV	IV	IV
	9723	IV	IV	IV	V	VI-II	VI-II	II	II	II-III	III-IV	IV	IV
	5220	IV	IV	IV	V	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	II	II	II-III	III
	6404	IV	IV	IV	V	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	II	II	II	II-III
	7669	IV	IV	IV	V	VI-II	VI-II	VI-II	VI-II	II	II-III	III	III
	9714	IV	IV	IV	IV	V	VI-II	VI-II	VI-II	II	III	III-IV	IV
	9733	IV	IV	IV	IV	V	VI-II	VI-II	VI-II	II	II-III	III	III
Опыт 1, 2018	8507	IV	IV	IV	IV	IV	IV	VI	VI-II	VI-II	II-III	III	III
	9731	IV	IV	IV	IV	IV	IV	VI	VI-II	VI-II	III	IV	IV
	6274	IV	IV	IV	IV	IV	IV	VI	VI-II	VI-II	III	III	IV
	9721	IV	IV	IV	IV	IV	IV	VI	VI-II	VI-II	II-III	III	III
	5067	IV	IV	IV	IV	IV	IV	VI	VI-II	VI-II	VI-II	II-III	III

Примечание: Обозначения см. в табл. 3.

В то же время у групп самок, участвующих в экспериментах 2018 г., закономерность развития половых клеток в годовом цикле в зависимости от температуры воды просматривается более чётко. Например, для прохождения VI-II стадии самкам при температуре 16,5 °С и сумме тепла 1985 градусо-дней потребовалось 120 суток, при температуре 19,4 °С и сумме тепла 1743 градусо-дней – 90 суток, при средней температуре 21,8 °С и сумме тепла 1308 градусо-дней – 60 суток. Однако и в этой группе отдельным самкам для прохождения данной стадии оогенеза при более низкой температуре воды 10,4 °С и общей сумме тепла 622 градусо-дня потребовалось меньше времени, всего 60 суток.

Изменение температуры воды в сторону понижения при пред- и посленерестовом выдерживании производителей проявляет отрицательное воздействие на процесс размножения рыб. Нарушение температурного режима оказало разное влияние на репродуктивную активность самок. Практически у всех самок осетра понижение годовой суммы тепла до 4910 градусо-дней повлекло за собой продление репродуктивного цикла за счёт увеличения сроков прохождения процесса резорбции, и ооциты на конец года находились на VI-II и III стадиях зрелости. В дальнейшем это вызвало асинхронное развитие ооцитов. По окончании второго вегетационного периода у одних самок они находились на уровне протоплазматического роста, у других на IV стадии зрелости.

Исследования показали, что пропуск нереста при сумме тепла более 5500 градусо-дней за исключением потери половых продуктов в первый нерестовый период не оказывает значительного воздействия на окончание процесса оогенеза в следующий период. Понижение суммы тепла за вегетационный период ниже 4500 градусо-дней отрицательно сказывается на продолжительности формирования новой генерации икры и количестве созревших особей.

Изменения температурного режима при содержании рыбы и пропуск нереста больше всего оказывают влияние на продолжительность протекания репродуктивных циклов. Следует отметить, что при прохождении гаметогенеза в период созревания самок и развития половых клеток в межнерестовый период наиболее продолжительной является II стадия превителлогенеза.

3.3.2. Гистологическая картина оогенеза сибирского осетра в период межнерестового интервала

Формирование половых продуктов в межнерестовый период включает в себя процесс резорбции оставшихся в теле самки невыметенных икринок и формирование новой генерации ооцитов.

Контроль 2018 г. В созревшей яйцеклетке самки с завершённой дифференциацией желтка в анимальной области находится цитоплазма и мелкозернистый желток. Эта часть значительно светлее окрашена в сравнении с вегетативной частью, которая заполнена интенсивно окрашенным крупнозернистым желтком, что соответствует V стадии зрелости.

В июле были взяты и проанализированы пробы от самок сибирского осетра № 7669, 9723, 6409, 6293, 5220, 7064, 6404, участвующих в нересте 01.02.2018 г. и самки № 9733 – нерест 22.03.2018 г. На всех препаратах просматривается сходная гистологическая картина – II-VI стадия зрелости с неравномерным ростом ооцитов, который в дальнейшем сглаживается. Крупные клетки с сетчатой структурой цитоплазмы уже готовы к накоплению трофических веществ, характеризующих II жировую стадию зрелости. У двух самок наблюдается ускоренный рост ооцитов новой генерации, что характерно для гонад III стадии зрелости.

В августе у трех самок № 7064, 9714, 9723 наблюдается завершение процесса вителлогенеза, прошла дифференциация крупнозернистого, мелкозернистого желтка в ооцитах со сформированными оболочками и миграцией ядерного пузырька к анимальному полюсу. У следующих пяти самок № 9733, 6404, 6409, 5220, 7669 на гистологических срезах наблюдаются ооциты последней фазы резорбции жира, ооциты протоплазматического роста и гнезда делящихся оогоний.

Для более полной картины анализа резорбции половых клеток в годичном цикле в 2018 г. были взяты пробы ткани гонад и продолжены наблюдения за самками сибирского осетра из опытов 2017 г.

Контроль 2017 г. У самок № 9314, 6284 после нереста 26.01.2017 г. в апреле 2018 г. отмечена III-IV незавершенная стадия зрелости ооцитов. Ядерный пузырек находится в центре ооцита, по краям которого расположены крупные ядрышки. Желток и оболочки полностью сформированы. Видимые точечные просветы – жировые клетки, еще не заполненные желтком. У самки № 3143 наблюдается иная картина: на срезах фрагментов гонады видны яйцевые пластины с резорбирующимися ооцитами и ооцитами протоплазматического роста. В июле 2018 г. гонады самок № 9314, 6284 находятся на IV незавершенной стадии зрелости. В ооцитах со сформированными оболочками происходит процесс дифференцировки крупнозернистого и мелкозернистого желтка к вегетативному и анимальному полюсам. На этот момент завершается процесс вителлогенеза. В ядре ооцитов хорошо различимы хромосомы типа «ламповых щеток».

Опыт 1, 2018 г. В апреле 2018 г. у самок началась первая фаза резорбции ооцитов, что характеризовалось следующими изменениями – набухание, расслоение и нарушение строения оболочек. Эти процессы происходят одновременно и в ядре. Процесс резорбции осуществляют кубические клетки фолликулярного эпителия. В то же время встречаются участки гонад с атретическими телами, на которых хорошо просматриваются пустые фолликулы с цилиндрическими клетками. По краям стромы гонады (яйцевой пластины) видны гнезда оогоний в процессе размножения (деления), что приводит к увеличению их численности. После определенного количества делений проходит период ядерных преобразований – ранняя профазы мейоза, ооциты синаптенного пути увеличиваются в размерах до 10-20 мкм. Появление ооцитов синаптенного пути является показателем цитологической дифференцировки пола.

Через 85 суток (июль 2018 г.) на срезах фрагментов ооцитов самок № 5067, 5088, 8507, 9731, 5097, просматривается самая длительная – вторая фаза резорбции желтка и жира, у осетровых она проходит во временном плане долго из-за большого количества жировых и желточных включений. У самки с электронной меткой № 5067 в гонадах преобладают процессы резорбции желтка, у самки № 5088 наблюдается в большей степени резорбция жировых клеток. У самок № 8507 и 5067 проходит не только фаза второго этапа резорбции желтка и жира, но и резорбция ооцитов начала протоплазматического роста, расположенных вдоль краев яйцевых пластин.

У самки № 5097 наблюдаются этапы второй и третьей фазы резорбции в ооцитах дефинитивного размера с присутствием клеток крови, обеспечивающих ускорение резорбции желтка и жира. На срезах яйцевых пластин гонадной ткани у самки № 9731 присутствуют разнообразные процессы резорбции жира, желтка и атретических тел. В продвинутых ооцитах протоплазматического роста наблюдается первичный синтез жира и желтка.

У самок № 9731, 5561, 6274 в августе для ооцитов характерна IV незавершенная стадия зрелости периода вителлогенеза. В ооцитах со сформированными оболочками происходит дифференциация крупнозернистого и мелкозернистого желтка с миграцией ядерного пузырька к анимальному полюсу. В то же время у самок № 5067, 8507, 9721, 5088 наблюдается иная картина – завершение последней фазы резорбции жира, развитие ооцитов прото- и трофоплазматического роста, а также присутствие гнезд с делящимися оогониями.

Опыт 1, 2017 г. Самки № 3005, 9720, 6053, 9593, 7620 в апреле имели разнообразное строение половых клеток с преобладанием вителлогенеза. Эти производители не были готовы к январскому нересту 2018 г., кроме особи № 7620, которая ввиду индивидуальной пластичности успела созреть.

У самки № 9593 проходит процесс вителлогенеза, что характеризует III стадию зрелости яичника. В центре ооцита трофоплазматического роста находится ядерный пузырек, где происходят преобразования с ядерными структурами. Желток и оболочки полностью сформированы. Просветы вокруг ядра – жировые капли, которые со временем заполняются желтковыми гранулами. На фоне развивающихся ооцитов трофоплазматического роста видно большое количество атретических тел, находящихся в завершающей фазе резорбции. Такой же

характер развития половых клеток трофоплазматического роста наблюдается и у самок № 3005 и 9720.

У самки № 6053 вителлогенез находится в завершающей фазе с присутствием следов резорбции. В ооцитах наблюдается четкое разделение мелкозернистого и крупнозернистого желтка. Ядро сместилось в направлении анимального полюса. Границы ядра четко очерчены. В анимальной области сосредоточена основная часть цитоплазмы и мелкозернистый желток. Все эти признаки соответствует IV завершенной стадии зрелости гонад.

При анализе развития половых клеток у самок № 9720, 3005, 9593 в июле 2018 г. гонады находятся на III и IV незавершенной стадиях зрелости. Развитие половых клеток данных самок аналогично контрольным особям – наблюдается наличие ооцитов дефинитивных размеров со сформированными оболочками и ядром с хромосомами типа «ламповых щеток».

У самки № 7620 этой же группы во фрагментах гонады наблюдается II-III стадия зрелости, на что дополнительно указывает резорбция остатков желтка в жировых клетках и наличие ооцитов протоплазматического роста. Важно отметить, что самка № 7620, участвовавшая в нерестовой кампании 01.02.2018 г., через 5 месяцев достигла III стадии зрелости. Это указывает на способность организма к ускоренному процессу резорбции и ежегодному половому циклу.

У самок № 9593, 9720, 7620 и 3005 в августе гонады находятся на IV незавершенной стадии зрелости, что сходно с проанализированным ранее контрольным вариантом. В вителлогенных ооцитах с хорошо развитыми оболочками наблюдается дифференциация крупнозернистого и мелкозернистого желтка. Состояние и развитие половых клеток, а именно синхронность, говорит о возможности получения икры в зимний нерестовый период. У самки № 6053 из данной группы наблюдается асинхронность в развитии половых клеток. Среди ооцитов периода вителлогенеза в пробе гонады присутствуют остаточная резорбция третьей фазы – жира и желтка и ооциты протоплазматического роста.

Опыт 2, 2017 г. Самки № 7890, 7503, 0311, 2355 в апреле имели разнообразное строение половых клеток. У самки № 0311 на гистологических препаратах наблюдается картина, сходная с опытом 1, где на фоне растущих ооцитов трофоплазматического роста происходит завершение процесса резорбции в еще оставшихся резорбирующихся половых клетках. У самки № 7890 отмечается трофоплазматический рост ооцитов, что соответствует III стадии зрелости гонад. У самки № 7503 происходит завершение вителлогенеза. У самки № 2355 наблюдается некоторое отставание в развитии новой генерации половых клеток. Для гонад характерно преобладание II стадии зрелости. На фоне проходящих резорбционных процессов видны единичные вителлогенные ооциты.

При анализе развития половых клеток в июле 2018 г. у самок № 7503, 7890 гонады находятся на IV незавершенной стадии зрелости. В то же время у особи № 2355 отмечается иная картина: присутствуют единичные ооциты протоплазматического роста, ооциты III фазы резорбции желтка и жира и паренхиматозные скопления жировых клеток.

В конце августа 2018 г. анализ состояния половых клеток у самок № 7503 и 7890, показывает сходную картину с опытом 1 (IV незавершенная стадия зрелости). В ооцитах трофоплазматического роста осуществляется процесс вителлогенеза. У самки № 2355 наблюдается II стадия зрелости гонад, то есть отставание в развитии половых клеток. В яйцевых пластинах при активном процессе резорбции жира и желтка видны гнезда размножающихся оогоний и ооциты протоплазматического роста.

Опыт 3, 2017 г. На гистологических препаратах в апреле у самок № 9716, 6472 наблюдается существенное отличие в развитии половых клеток, которое связано с температурным фактором. Пребывание в условиях низких температур задержало резорбционные процессы и рост ооцитов периода вителлогенеза, гонады находятся на II стадии зрелости, в которых по краям яйцевых пластин видны гнезда с делящимися оогониями и единичные ооциты однослойного фолликула, так называемые ооциты малого роста. В конце августа 2018 г. у этих самок наблюдается II стадия зрелости с завершением третьей и четвертой

фаз резорбции ооцитов. Выдерживание в условиях низких температур задерживает рост ооцитов трофоплазматического роста.

В результате проведённых исследований впервые получены материалы по прохождению процессов резорбции и формированию новой генерации икры в половых циклах у индивидуально проанализированных самок сибирского осетра, содержащихся в различных условиях индустриального хозяйства. Анализ полученных результатов не выявил негативного влияния процесса резорбции на формирование новой генерации ооцитов в межнерестовый период, а также нарушений в развитии половых клеток, связанных с многолетним нахождением производителей в условиях индустриальных предприятий.

Проведённые опыты дали основание полагать, что не только температура воды влияет на способность самок к ежегодному нересту, но и их индивидуальные способности по регулированию длительности межнерестовых половых циклов.

3.4. Влияние различной температуры воды на протекание половых циклов и ритм размножения рыб

Исследование ежегодного полового цикла осуществлялось в прямоточных бассейнах при годовой сумме тепла 5592 градусо-дней. У самок сибирского осетра после овуляции и нереста процесс резорбции занимает 2,5-3,0 месяца. Одновременно идет новая волна превителлогенеза, которая к концу процессов резорбции переходит в начальную фазу вителлогенеза – III стадию зрелости гонад. Отстающие или наиболее продвинутые в своём развитии половые клетки подвергаются резорбции. К концу резорбции синхронный процесс развития ооцитов становится закономерным для всего яичника. На зимовку самки уходят в IV незавершенной стадии зрелости гонад, в ооцитах дефинитивных размеров оболочки сформированы, ядро овальной формы смещается к анимальному полюсу.

В первый год для самок с двухлетним половым циклом в летний сезон после нереста характерна повышенная асинхронность развития половых клеток, что приводит к увеличению длительности VI-II и II-III стадии зрелости гонад вплоть до конца рассматриваемого года. Здесь присутствует весь комплекс ооцитов в различных фазах резорбции и развивающиеся ооциты протоплазматического роста, включая ооциты начального этапа вителлогенеза. В зиму самки уходят во II-III стадии зрелости гонад.

Активный процесс вителлогенеза проходит уже следующей весной и длится все лето. В осенне-зимний период яичники у таких самок переходят в IV незавершенную стадию зрелости гонад, ооциты приобретают овальную форму, при которой наблюдается дифференциация мелкозернистого и крупнозернистого желтка и миграция зародышевого пузырька к анимальному полюсу. Самки созревают через один вегетационный период при сумме тепла 11331 (730 суток, 15,5 °C) градусо-дней.

У самок сибирского осетра, учитывая температурные условия содержания в посленерестовый период и индивидуальные генетические особенности особей, пропуск в формировании зрелых половых продуктов может составить два нерестовых периода и более. В этом случае после нереста удлиняется период прохождения VI-II стадии зрелости гонад, замедляются процессы резорбции и роста ооцитов протоплазматического роста. На второй год в летний сезон активно проходит процесс превителлогенеза – размножение оогоний и малый рост ооцитов однослойного фолликула. Ооциты периода вителлогенеза наблюдаются весной следующего года. Присутствие в летних пробах синхронно развивающихся пигментированных ооцитов является показателем готовности самок к нересту следующего года. Самки созревают через два вегетационных периода при сумме тепла 14248 (1095 суток, 13,0 °C) градусо-дней.

Таким образом, при поддержании соответствующих температур в УЗВ продлевается нерестовый сезон у самок с мая по июль, яичники находятся на IV-VI стадии зрелости. После продления нерестового сезона у особей, которых в течение 4 месяцев на первом году исследований держали при средней температуре 7,5 °C и сумме тепла 971 градусо-дней, а с мая по июль при сумме тепла 1486 градусо-дней, в медленном темпе продолжается развитие половых клеток.

После нереста с августа по сентябрь гонады находятся на VI-II стадии зрелости. На втором году с января по декабрь продолжается резорбция следов невыметанных вителлогенных ооцитов и начинается процесс превителлогенеза – размножение оогоний, малый рост ооцитов однослойного фолликула с базофильной цитоплазмой и ооцитов протоплазматического роста со светлой цитоплазмой максимального размера. Ооциты периода вителлогенеза наблюдаются весной второго года. Присутствие в летних пробах следующего года синхронно развивающихся пигментированных ооцитов является показателем готовности самок к участию в нересте следующего года.

Искусственная зимовка при температуре 7,5 °С в течение 6-и месяцев приводит к продлению нерестового сезона и, несмотря на последующий пропуск одного нерестового сезона, третий год может быть использован при наличии зрелых самцов для получения половых продуктов от созревших самок.

В результате исследований по длительности межнерестовых интервалов показаны пути управления звеньями репродуктивного процесса для рыб в условиях тепловодных промышленных хозяйств на примере сибирского осетра ленской популяции. Таким образом, для ежегодного, двухлетнего и трехлетнего половых циклов существует закономерный ход развития половых клеток, который характерен для рыб с единовременным икротетанием и синхронным развитием ооцитов периода вителлогенеза.

Длительность межнерестовых интервалов у самок при ежегодном, двухлетнем и трехлетнем половых циклах зависит от температурного фактора в градусо-днях. Для прогноза достаточно одного прижизненного анализа проб половых клеток через 6 месяцев после нереста в зимний период. Показателем ежегодного нереста является присутствие пигментированных ооцитов периода вителлогенеза. Присутствие ооцитов превителлогенеза и непигментированных ооцитов трофоплазматического роста через 6 месяцев после нереста характеризует асинхронное развитие половых клеток прото- и трофоплазматического роста, приводит к двухлетнему половому циклу, что дает верный прогноз созревания самок через один вегетационный период. Наличие ооцитов на VI-II стадии зрелости говорит о трехлетнем цикле созревания.

Для всех самок осетровых рыб в оогенезе характерен синхронный рост ооцитов в период вителлогенеза и единовременный нерест.

3.5. Рыбоводно-биологическая оценка молоди сибирского осетра, полученной от групп производителей, содержащихся в преднерестовый период при различной сумме тепла

Современные промышленные рыбоводные предприятия располагают различными цехами, позволяющими искусственно регулировать режим выращивания рыбы, в том числе выводить производителей в преднерестовое состояние в необходимые для рыбоводов сроки.

В связи с этим возник определённый интерес к оценке влияния резорбции ооцитов в преднерестовый и посленерестовый периоды, а также при задержке половых продуктов у рыб в полости тела на рыбоводно-биологические показатели самок.

Был проведен сравнительный анализ рыбоводно-биологических параметров опытных и контрольных самок, а также их потомства.

Анализ средних рыбоводно-биологических показателей двух контрольных групп самок сибирского осетра показал, что за один вегетационный период прирост массы составил 1,1 кг. С возрастом увеличилась относительная и индивидуальная плодовитость с одновременным закономерным уменьшением количества икринок в 1 г. Изначально процент оплодотворения икры у самок старшей контрольной группы был несколько выше (на 9 %), однако процент выхода предличинок в 2017 г. был больше и составил 53,6 % против 46,1 %.

У контрольной группы 2017 г. и экспериментальной самки № 7620 относительная плодовитость находилась примерно на одном уровне, различие составило 3,6 %. В то же время у самок контрольной группы 2018 г., несмотря на более высокую массу, относительная плодовитость была выше на 22,2-22,5 %, что, по-видимому, связано с условиями нагула и сроками отбора половых продуктов (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика самки № 7620, прошедшей резорбцию и участвовавшей в нересте 1 февраля 2018 г., и контрольных групп 2017 и 2018 гг.

Чип, группа рыб	Масса, кг		Кол-во икринок в 1 г, шт.	Относительная плодовитость, тыс. шт./кг	Оплодотворение, %	Развития икры на стадии, %			Выход предличинок	
	самки	икры				желточной пробки	нервной пластинки	подвиж. эмбр.	тыс. шт.	%
Опыт 1, №7620	13,2	0,95	63,0	4,53	91,0	89,7	85,0	76,8	20,0	35,6
Контроль 2017	11,2	0,84	61,0	4,70	74,6	72,6	87,4	87,2	27,0	53,6
Контроль 2018	12,3	1,20	60,6	6,04	83,6	80,8	78,1	68,0	26,2	46,1

У самки № 7620 после прохождения резорбции за один вегетационный период при высоком проценте оплодотворения икры (91%) выход предличинок составил 35,6 %, что на 10,5 и 18 % ниже, чем у контрольных групп рыб. Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика групп самок сибирского осетра и их потомства представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика самок и потомства сибирского осетра экспериментальной группы, прошедшей резорбцию и участвовавшей в нересте 2018 г., и контрольных групп 2017 и 2018 гг.

Показатели	Контроль				Опыт 1 (самка № 7620)		Сумма тепла, градусо-дни	
	2017 г.	K _м	2018 г.	K _м	2018 г.	K _м	на этапе	общая от вылупления
Возраст, год / масса, кг	9/11,2	-	10/11,9	-	10/12,2	-	-	-
Относительная плодовитость тыс. шт/кг	4,7	-	6,04	-	4,53	-	-	-
Кол-во икринок в 1 г, шт.	61	-	60,6	-	63,0	-	-	-
Выход предличинок от икры, %	53,6	-	45,1	-	35,3	-	-	-
Средняя масса молоди, г:								
вылупление	0,0149	-	0,0153	-	0,0137	-	138,3	-
10 сут.	0,074	0,052	0,067	0,047	0,058	0,044	178,1	316,4
14 сут	0,0976	0,030	0,128	0,073	0,109	0,068	74,1	390,5
21 сут	0,43	0,126	0,313	0,075	0,307	0,084	135,4	525,9
24 сут	0,51	0,044	0,604	0,166	0,74	0,230	38,4	564,3
30 сут	1,23	0,136	1,34	0,129	1,7	0,144	93	657,3
38 сут	2,5	0,107	2,9	0,121	2,9	0,087	131,8	789,1
Средний K _м за период выращивания	-	0,088	-	0,093	-	0,094	-	-
Выход молоди, %	82,7	-	38,9	-	10,8	-	-	-
тыс.шт.	22,5	-	22,7	-	0,865	-	-	-

Из таблицы видно, что у самок сибирского осетра с возрастом икра становится крупнее, но к концу периода подращивания отставание по массе тела потомства младшей группы рыб той же генерации составило всего 13 %. При этом, несмотря на самую низкую массу эмбрионов

при вылуплении, на всём протяжении выращивания потомства от самки № 7620 молодь сохраняла высокий темп роста, сравнимый с темпом роста от контрольной группы рыб 2018 г.

Попытка оценить взаимосвязь массы самок и её влияние на конечный результат выращивания молоди через коэффициент массонакопления (K_M) показала, что общая картина изменения K_M потомства от большинства самок однотипна, наблюдается его постепенное увеличение до максимума в середине периода выращивания и последующее снижение.

Если предположить, что предельная скорость массонакопления сибирского осетра находится на уровне $K_M = 0,190$ (Купинский и др., 2018), то за весь период выращивания (38 суток) достигнута средняя отметка в K_M по группам от 0,088 до 0,094. Это 46,3-49,4 % от максимально возможного. В 2019 г. общий K_M по группам был несколько хуже – 0,085-0,091.

Сравнительные результаты выращивания и коэффициенты массонакопления молоди, полученной в 2019 г., приводятся в таблицах 7, 8.

Таблица 7 – Сравнительные показатели инкубации икры от групп производителей сибирского осетра, получивших разную сумму тепла за межнерестовый интервал, 2019 г.

Межнерестовый интервал, сут/градусо-дни	Процент		Выживаемость свободных эмбрионов от икры, %
	оплодотворения (5 ст.)	развития (20 ст.)	
Контроль, отдел Конаковский, 2018 г.			
285/5124 ¹	80,0	74,0	41,1
Опыт 1, отдел Конаковский, 2018 г.			
300/4970 ¹	71,5	64,5	40,5
Опыт 2, Комбинированное содержание, 2017 г.			
600/10095 ¹	80,5	69,0	35,6

Таблица 8 – Сравнительные показатели выращивания молоди от групп производителей сибирского осетра, получивших разную сумму тепла за межнерестовый интервал, 2019 г.

Межнерестовый интервал, сут/градусо-дни	Масса молоди, г							Выживаемость	
	вылупление	6 сут.	13 сут.	20 сут.	27 сут.	34 сут.	41 сут.	тыс. шт.	%
Контроль, отдел Конаковский, 2018 г.									
285/5124 ¹	0,015	0,050	0,076	0,16	0,6	1,3	2,9	5,13	64,1
	K_M	0,060	0,023	0,052	0,127	0,105	0,149		
	K_M общий	0,086							
Опыт 1, отдел Конаковский, 2018 г.									
300/4970 ¹	0,014	0,056	0,093	0,17	0,7	1,65	3,25	5,83	72,9
	K_M	0,097	0,029	0,043	0,144	0,126	0,128		
	K_M общий	0,091							
Опыт 2, Комбинированное содержание, 2017 г.									
600/10095 ¹	0,014	0,065	0,085	0,130	0,8	1,6	2,8	5,17	64,6
	K_M	0,081	0,016	0,029	0,181	0,103	0,103		
	K_M общий	0,085							
Примечание - ¹ сумма тепла от одного до другого получения половых продуктов									

Сравнительный анализ по коэффициенту массонакопления молоди осетра всех опытных групп показал, что связь между длительностью межнерестового интервала (285 или 600 суток) с суммой тепла за этот период (4970-5124 и 10095 градусо-дней) и относительной плодовитостью самок не прослеживается, то есть самки независимо от условий преднерестового содержания и последствий, связанных с изменением репродуктивного цикла в межнерестовый интервал, по окончании процесса оогенеза продуцируют икру и, как следствие, молодь хорошего

рыбоводного качества. Выживаемость молоди в разных вариантах опыта колебалась от 64,1 до 72,9 %. Наилучший результат по этому показателю получен от самок опытной группы 1.

В результате исследований получены сравнительные материалы по основным тенденциям влияния процесса резорбции на рыбоводно-биологические, морфометрические показатели самок осетровых рыб и их потомство. Установлена зависимость воздействия абиотического фактора среды (температуры) на выращивание молоди, полученной от различных групп самок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с обозначенной целью изучение влияния температурного режима воды в межнерестовый период на гаметогенез и репродуктивные показатели самок сибирского осетра позволило установить не только общие закономерности, но и выявить особенности гаметогенеза прохождения половых циклов в зависимости от температуры воды в условиях промышленных хозяйств. На основании большого экспериментального материала были сделаны следующие выводы:

1. Для первого созревания самкам сибирского осетра требуется 33550 градусо-дней, т.е. при среднегодовой сумме тепла 5600 градусо-дней им необходимо 6 лет. При прохождении процесса гаметогенеза в межнерестовый период наиболее продолжительной является II стадия вителлогенеза, которая может продолжаться до 570 суток (9770 градусо-дней), при этом наблюдается большая асинхронность во временном интервале формирования новой генерации яиц.

2. Продолжительность резорбции половых продуктов зависит от температуры воды. С повышением температуры и увеличением суммы тепла до 5100 градусо-дней скорость протекающих процессов увеличивается, а с понижением температуры до 3000 градусо-дней – уменьшается. При пропуске нереста наблюдается замедление процесса массовой резорбции зрелых ооцитов и развития новой генерации половых клеток. В среднем самкам, не участвовавшим в нересте, для формирования новой генерации икры требуется 5540 градусо-дней, особям, участвовавшим в воспроизводстве – 4950 градусо-дней.

3. Самки сибирского осетра независимо от пропуска нереста и условий дальнейшего выращивания в межнерестовый интервал, по окончании процесса оогенеза продуцируют икру и, как следствие, молодь хорошего рыбоводного качества. Возраст самок положительно влияет на массу и размер продуцируемых яиц. У одновозрастных осетровых рыб относительная плодовитость, количество и рыбоводное качество икры не всегда зависят от массы особи.

4. Понижение суммы тепла за вегетационный период до 4500 градусо-дней и ниже отрицательно сказывается на продолжительности протекания половых циклов, а также формировании новой генерации икры и количестве созревших особей. При этом наблюдается большой диапазон временного интервала прохождения половых циклов. Разработанная диагностика продолжительности межнерестового периода после получения половых продуктов у самок осетровых рыб позволяет планировать работы по воспроизводству через 6 месяцев после нереста, своевременно проводить корректировку структуры маточных стад с целью повышения их продуктивности.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ НАУЧНЫХ ВЫВОДОВ

1. Для первого созревания самок сибирского осетра в условиях промышленного хозяйства со среднегодовой суммой тепла 5600 градусо-дней требуется 2200 суток при наборе суммы тепла 33550 градусо-дней, при планировании работ по воспроизводству следует учитывать, что при первом созревании зрелые половые продукты имеют около 30 % самок.

2. Для смещения сроков получения половых продуктов на более поздний период целесообразно использовать установки длительного выдерживания с низкой температурой воды, что позволяет до 90 суток увеличить продолжительность эксплуатации маточного стада.

3. При планировании работ по получению половых продуктов на следующий нерестовый сезон следует учитывать, что в нересте примет участие 33 % участвовавших в предыдущем нересте самок. Для последующего созревания им потребуется 4228-7823 градусо-дней.

4. При пропуске нереста после прохождения резорбции повторно созревает 87 % самок. Для формирования новой генерации икры самкам требуется 3831-7538 градусо-дней.

5. При работе с производителями следует учитывать, что у 67 % самок, находящихся в одинаковых условиях формирование новой генерации икры может проходить асинхронно и занимать разный временной интервал, при этом большое влияние оказывает температура воды. Процесс развития ооцитов протекает интенсивнее при более высокой температуре (до 26 °С). Колебания температуры воды на 1,5-2,0° в сутки не сказываются отрицательно на формировании новой генерации икры.

6. При содержании производителей следует принимать во внимание, что снижение среднегодовой суммы тепла до 4200 градусо-дней вызывает пропуск одного нерестового сезона, до менее 3050 – пропуск двух нерестовых циклов.

7. Для прогноза созревания самок достаточно через 6 месяцев после нереста взять пробы половых клеток методом биопсии. Присутствие пигментированных ооцитов в период вителлогенеза дает основание предполагать, что созревание самок произойдет в текущем вегетационном периоде. Если в пробе будут присутствовать ооциты превителлогенеза и непигментированные ооциты трофоплазматического роста, характеризующие асинхронный рост половых клеток, то это верный признак созревания самок через один вегетационный период.

8. Результаты исследований целесообразно использовать при формировании и эксплуатации маточных стад сибирского осетра с целью управления их продуктивностью в условиях индустриальных хозяйств.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Предполагается проведение комплексных исследований, включающих в себя:

- разработку биологических основ и технологических принципов по смещению половых циклов сибирского осетра с целью организации круглогодичного получения половых продуктов в условиях индустриальных хозяйств различного типа;

- установление закономерностей прохождения процесса гаметогенеза при смещении половых циклов до 9 месяцев и более, оценка влияния этого процесса на дальнейшее развитие воспроизводительной системы сибирского осетра;

- результаты выполненных исследований дают основание на проведение селекционной работы по формированию маточных стад из производителей с коротким межнерестовым циклом;

- подготовку методических указаний по организации круглогодичного получения половых продуктов сибирского осетра в условиях индустриальных хозяйств с целью производства посадочного материала, товарной продукции, пищевой икры.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Мельченков Е.А. Оценка влияния температурного режима на продолжительность процесса гаметогенеза при содержании самок сибирского осетра в межнерестовый период / Е.А. Мельченков, Т.А. Канидьева, **А.П. Воробьев**, А.А. Арчибасов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2019. – № 7 (162). – С. 32-41. DOI: 10.33920/sel-09-2207-04.

2. Илясова В.А. Прогноз продолжительности межнерестового интервала у осетровых рыб при содержании в бассейновом прямоточном хозяйстве / В.А. Илясова, Е.А. Мельченков, Т.А. Канидьева, **А.П. Воробьев**, А.А. Арчибасов // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2020. – № 6. – С. 65-72. DOI: 10.33920/sel-09-2006-08.

3. Мельченков Е.А. Оогенез сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) в условиях индустриального предприятия / Е.А. Мельченков, В.А. Илясова, Т.А. Канидьева, Е.Н. Бекина, Е.А. Данилова, **А.П. Воробьев**, А.А. Арчибасов // Вестник рыбохозяйственной науки. – 2020. – Т. 7, № 1 (25). – С. 4-12.

4. Мельченков Е.А. Сравнительные результаты выращивания чистых видов и гибридных форм сибирского и русского осетров / Е.А. Мельченков, В.А. Илясова, Т.А. Канидьева, Е.Н.

Бекина, **А.П. Воробьев**, А.А. Арчибасов, Н.А. Козовкова, Ю.А. Антипина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2021. – № 2 (181). – С. 20-33. DOI: 10.33920/sel-09-2102-02.

5. Мельченков Е.А. Рыбоводно-биологическая характеристика чистых видов сибирского, русского осетров и их гибридных форм как объектов товарного выращивания в условиях индустриального хозяйства / Е.А. Мельченков, В.А. Илясова, В.В. Калмыкова, **А.П. Воробьев**, А.А. Арчибасов, А.В. Мищенко, Н.А. Козовкова, Ю.А. Антипина // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2022. – № 12 (203). – С. 828-843. DOI: 10.33920/sel-09-2212-05.

Статьи, опубликованные в других изданиях

6. Мельченков Е.А. Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика молоди сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt различных поколений доместикизации / Е.А. Мельченков, Т.А. Канидьева, Н.В. Дёмкина, Е.А. Данилова, **А.П. Воробьев** // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 84-90.

7. Мельченков Е.А. Методические указания по адаптации молоди осетровых рыб к низким температурам воды в условиях индустриальных рыбоводных хозяйств / Е.А. Мельченков, Т.А. Канидьева, В.Е. Хрисанфов, Е.А. Данилова, **А.П. Воробьев** – Москва: Корал-Принт, 2018. – 16 с.

8. Мельченков Е.А. Сравнительная рыбоводно-биологическая характеристика молоди сибирского и русского осетра и их гибридных форм / Е.А. Мельченков, А.В. Мышкин, Т.А. Канидьева, С.Б. Купинский, **А.П. Воробьев**, А.А. Арчибасов, А.В. Мищенко // Сб. науч. тр. / Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. – Москва: Сельскохозяйственные технологии, 2019. – Вып. 90. – С. 8-17.

9. Мельченков Е.А. Рекомендации по повышению продуктивности маточных стад осетровых рыб за счет управления созреванием самок в индустриальных условиях (на примере сибирского осетра и стерляди) / Е.А. Мельченков, В.А. Илясова, А.В. Мышкин, Т.А. Канидьева, Е.Н. Бекина, **А.П. Воробьев**, Е.А. Данилова, А.А. Арчибасов, Н.А. Козовкова, А.В. Мищенко. – Москва: Корал-Принт, 2020. – 32 с.

10. Илясова В.А. Роль гистологических исследований в изучении гаметогенеза осетровых видов рыб в условиях индустриальных хозяйств на примере сибирского осетра ленской популяции и стерляди волжской популяции / В.А. Илясова, Е.А. Мельченков, В.В. Калмыкова, **А.П. Воробьев**, А.А. Арчибасов, А.И. Валягина // Сб. науч. тр. / Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. – Астрахань: ИП Сорокин Р.В., 2022. – Вып. 93. – С. 104-134.

Материалы конференций

11. **Воробьев А.П.** Рыбоводно-биологические характеристики и влияние температурного режима на продолжительность процесса гаметогенеза у самок сибирского осетра / **А.П. Воробьев** // Материалы VII научно-практической конференции молодых учёных с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса», г. Москва, 14-15 ноября 2019 года. – Москва: ВНИРО, 2019 – С. 94-97.

12. **Воробьев А.П.** Оценка влияния пропуска нереста на рыбоводно-биологические характеристики потомства сибирского осетра *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) / **А.П. Воробьев** // Материалы X Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса», г. Москва, 10-11 ноября 2022 года. – Москва: ВНИРО, 2022. – С. 29-31.

13. **Воробьев А.П.** Оценка влияния температурного режима на продолжительность процесса гаметогенеза при содержании самок сибирского осетра в межнерестовый период / **А.П. Воробьев** // Материалы VIII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбной отрасли». – Владивосток, Дальрыбвтуз, 2023. – С. 51-58.