

Аквакультура

УДК 639.3.032:639.371.2

Результаты выращивания амурских осетровых и гибридов между ними в установке замкнутого водоснабжения в течение первого года жизни

А.С. Сафронов, О.П. Филиппова, С.Е. Зуевский, К.В. Суховер

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

E-mail: maricul@vniro.ru

Полученные из икры личинки и в дальнейшем молодь чистых видов калуги *Huso dauricus*, амурского осетра *Acipenser schrenckii* и реципрокных гибридов между ними: К×АО и АО×К, в течение года выращивали в УЗВ. Исследования проводили в 2018–2019 гг. в бассейновых модулях УЗВ ФГБНУ «ВНИРО». В сравнении с родительскими видами, гибрид АО×К обладает более высокой выживаемостью, но по темпу роста уступает гибриду К×АО. Наибольший темп роста, при наименьшей выживаемости, имела калуга. Наименьшие кормовые коэффициенты на всех этапах выращивания имела калуга, а наибольшие — амурский осётр. Значения кормовых коэффициентов гибридов были промежуточными относительно материнских видов, причём, у гибрида К×АО кормовой коэффициент был ниже, чем у гибрида АО×К. Длительное выращивание амурских осетровых без сортировок приводит к значительному увеличению разноразмерности молоди, а у калуги — к увеличению каннибализма. В результате гистологических исследований были установлены сроки анатомической и цитологической дифференцировки пола осетровых амурского бассейна и их гибридов. Анализ данных морфо-физиологического состояния годовиков позволил определить оптимальные условия для их выращивания и нормального прохождения гаметогенеза в УЗВ. Использование УЗВ подтвердило принципиальную возможность, а также перспективность выращивания осетровых амурского бассейна и их гибридов в любом регионе России.

Ключевые слова: осетровые рыбы, гибриды, амурские осетровые, установка замкнутого водоснабжения, контролируемые условия, гистология, ооциты.

DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-172-187

ВВЕДЕНИЕ

Из-за вероятности полного исчезновения осетровых рыб по всей России были сформированы domesticiрованные маточные стада аборигенных видов с целью сохранения их генофонда. На Дальнем Востоке России такими видами являются эндемики р.

Амур — калуга *Huso dauricus* (Georgi, 1775) и амурский осётр *Acipenser schrenckii* (Brandt, 1869). Природные нерестовые группировки этих рыб сократились в десятки раз [Рачек и др., 2014]. В настоящее время в садках Лучегорской научно-исследовательской рыбободной станции (НИРС) выращиваются

чистые виды и гибридные формы между калугой и амурским осетром. Изучены их рыбоводно-биологические и продукционные показатели [Рачек и др., 2013]. Однако систематические исследования этих осетровых при выращивании в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) не проводились.

Целью нашей работы было сравнение полученных межвидовых гибридов между калугой и амурским осетром по ряду хозяйственно значимых показателей (выживаемость, темп роста, групповая изменчивость, потребности в корме) с родительскими видами при совместном выращивании в УЗВ. Наряду с этим была проведена оценка состояния воспроизводительной системы у амурского осетра, калуги и их реципрокных гибридов в возрасте до года, а также оценка состояния годовиков по морфо-физиологическим показателям при выращивании в УЗВ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ

Экспериментальный материал в виде развивающейся икры чистых видов (калуги и амурского осетра) и реципрокных гибридов между ними, получили на Лучегорской НИРС ФГБНУ «ТИНРО-Центр» 8 мая 2018 г. Показатели производителей, от которых получены экспериментальные линии потомства, приведены в табл. 1.

Созревание производителей после гормональной стимуляции происходило при

температуре 15,7–16,2 °С. Овуляция наступила у 100% производителей амурского осетра и 66% калуги (созрели обе самки и два самца). Рыбоводную икру получили прижизненным методом [Подушка, 1986] и разделили на части по числу вариантов эксперимента: калуга (К), амурский осётр (АО) и гибриды между ними — гибрид между калугой (самка) и амурским осетром (самец) (К×АО) и гибрид между амурским осетром (самка) и калугой (самец) (АО×К).

Начало инкубации икры проходило в аппарате «Осётр» при колебаниях температуры воды от 16 до 19,5 °С. Далее по 100 г развивающейся икры чистых линий и гибридов перевезли авиатранспортом и автотранспортом в изотермическом контейнере в УЗВ ФГБНУ «ВНИРО» (г. Москва). Оставшееся потомство продолжили отдельно выращивать в условиях садкового хозяйства ФГБНУ «ТИНРО-Центр».

В ходе эмбрионального и личиночного развития определяли следующие рыбоводно-биологические показатели: длительность эмбрионального развития, выживаемость икры и личинок, количество аномалий эмбрионов, темп роста личинок и молоди. Аномалии развития эмбрионов и личинок определяли по классификации Крыловой [1991] на 27 стадии и после вылупления (35 стадия) [Детлаф и др., 1981].

Размер выборки в каждом варианте составлял не менее 200 икринок. Эмбрионы, не

Таблица 1. Рыбоводно-биологические показатели родительских видов амурских осетровых

Вид рыбы	Биологические показатели		
	пол	масса рыб, кг	возраст, лет
Калуга	самка	77,0	19
	самка	96,0	21
	самец	64,0	19
	самец	70,0	21
	самец	78,0	22
Амурский осётр	самка	22,7	15
	самка	30,4	15
	самец	12,2	12
	самец	14,7	12
	самец	17,0	19
	самец	20,8	22

способные самостоятельно освободиться из оболочек на стадии вылупления, подсчитали поштучно.

Массу личинок определяли перед началом активного питания (на седьмые сутки после вылупления), затем взвешивание проводили каждые 7 дней.

Кормление личинок живыми науплиусами рачков р. *Artemia* проводили непрерывно с помощью перистальтического насоса с начала активного питания и в течение двух последующих недель. С начала перехода личинок осетровых на экзогенное питание в рацион добавляли стартовые комбикорма для осетровых рыб, постепенно увеличивая их норму и одновременно сокращая долю живого корма. Внесение комбикорма в бассейны с личинками осуществляли круглосуточно автокормушками по нормам кормления [Бурцев и др., 1984; Каталог: Корма для рыб, 2012].

Еженедельно проводили анализ распределения рыбы по массе тела для расчёта норм кормления и размера крупки и гранул кормов, т. к. выращивание молоди проводили без сортировки на размерные группы.

Средняя температура воды в ёмкостях для выращивания личинок составила 19,5 °С и повышалась с 13,5 (после вылупления) до 23,2 °С. Средняя температура воды при выращивании молоди до возраста 3 месяцев была 24,3 °С. Сумма тепла в бассейнах УЗВ за этот период составила 2150 градусо-дней.

Среднее значение кислорода в бассейнах с рыбами изменялось в пределах 5,5–8,2 мг/л. Остальные гидрохимические показатели воды в УЗВ находились в пределах нормативных значений для осетровых рыб [Жигин, 2011].

На первом этапе, из-за морфологического сходства гибридов и родительских видов, варианты с молодью массой более 3 г: АО, К, К×АО и АО×К выращивали отдельно в одинаковых бассейнах с рабочим объёмом 3 м³ каждый, в течение 167 суток. Раз в две недели проводили анализ распределения рыбы по массе тела для расчёта норм кормления и размера гранул кормов, т. к. выращивание молоди продолжали без сортировки на размерные группы. Для кормления в УЗВ применяли линейку гранулирован-

ных кормов осетровой рецептуры фирмы Le Gouessant.

На втором этапе в связи с ограниченностью рыбоводного объёма бассейнов и ухудшением гидрохимических показателей воды, варианты К×АО, АО×К, К разделили на 2 части. Первую оставили в УЗВ (г. Москва), разместив каждый вариант в двух системах с замкнутым циклом водообеспечения. Температуру к концу 2-го этапа выращивания понизили до 19–20 °С, специально для уменьшения гибели рыбы в результате токсического отравления аммонийным азотом и нитритами, которое произошло в начале 2-го этапа работ из-за плохой биологической очистки воды. Вторую часть осетровых перевезли в экспериментальный рыбоводный комплекс (ЭРК) ФГБНУ «ВНИРО» в Московской области, где в дальнейшем все варианты выращивали при более низких температурах (16–18 °С) в бассейнах с рабочим объёмом воды 16 м³ в каждом. Вариант с АО вывезли в ЭРК целиком из-за плохого самочувствия рыбы.

Средняя температура воды на 2 этапе выращивания в УЗВ (г. Москва) составила 21,8 °С, а общая сумма тепла за первый год выращивания равнялась 8105 градусо-дням. В ЭРК ФГБНУ «ВНИРО» средняя температура воды и сумма тепла за год имели несколько меньшую величину, составив 19,1 °С и 7314 градусо-дней, соответственно.

Оценку морфо-физиологического состояния гибридов и родительских видов осетровых рыб амурского бассейна (абсолютную и относительную массу сердца, печени, селезёнки, гонад) и сбор гистологических материалов провели с декабря 2018 г. по февраль 2019 г. с выборкой не менее 30 экз. по каждому виду и гибридной форме.

Для изучения гистологического строения гонад, отобранные пробы зафиксировали в растворе Буэна, приготовили серии срезов толщиной 5–7 микрон и окрасили по Карацци с докраской водным эозином [Роскин, Левинсон, 1957]. Для фотографирования микропрепаратов использовали компьютерную установку: микроскоп Olympus с автоматической видеокамерой Leica DC-100 и программу DC Viewer.

Статистическую обработку полученных материалов выполнили с использованием методов математической статистики в прикладной программе Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Выживаемость

Привезенные в ФГБНУ «ВНИРО» на стадии гастрюляции, 4 варианта скрещиваний амурских осетровых разместили в модифицированных односекционных аппаратах «Осетр» при температуре воды 13,5 °С и содержании растворённого кислорода 8–9 мг/л. На 27 стадии большее количество нормально развивающихся эмбрионов наблюдалось у гибрида АО×К (табл. 2). Выживаемость в остальных вариантах имела близкие значения и была ниже нормативной для этих видов (по нормативу — 80%).

Анализ имеющихся эмбриональных нарушений на 27 стадии показал, что у калуги и гибрида К×АО соотношение икринок с нарушениями на ранних стадиях развития и с нарушениями при прохождении стадии гастрюлы близко и отличается от амурского осетра и гибрида АО×К (табл. 2). Эти данные хорошо согласуются с аналогичными, полученными для рецiproкных гибридов белуги со стерлядью, у которых так же отмечалось индивидуальное наследование вариантов эмбриональных нарушений на ранних стадиях развития именно по материнской линии [Крылова, 1991].

На 7-е сутки с начала инкубации началось вылупление личинок калуги и рецiproкных гибридов, а личинок амурского осетра началось на сутки позже.

Выживаемость суточных личинок была существенно выше у амурского осетра и гибрида АО×К (табл. 3).

Таблица 2. Соотношение аномальных и нормальных зародышей при инкубации икры чистых видов и гибридных форм амурских осетровых рыб

Доля нормальных и аномальных эмбрионов, %	Варианты потомства			
	К	К×АО	АО×К	АО
Живые развивающиеся эмбрионы на 27 стадии	69	67,8	81	73
Неоплодотворённые и партеногенетические эмбрионы	15	16,4	11	19
Эмбрионы, погибшие до стадии малой желточной пробки, незаконченная инвагинация	16	15,8	8	8

Таблица 3. Соотношение нормальных и аномальных эмбрионов и личинок при вылуплении у чистых видов и гибридных форм амурских осетровых рыб

Доля нормальных и аномальных эмбрионов, %	Варианты потомства			
	К	К×АО	АО×К	АО
Живые личинки на 37 стадии	36,2	54,3	71,0	63,0
Икринки, погибшие на ранних этапах развития	31,0	32,2	19,0	24,0
Эмбрионы с водянойкой перикардиальной полости и желточного мешка	10,0	5,0	0,2	0,3
Эмбрионы с фрагментарными нарушениями (недоразвитие или полное отсутствие передних отделов тела, безголовые зародыши, зародыши с частью туловища и укороченным или искривленным хвостом, или в виде короткого и толстого придатка)	8,0	2,0	5,8	7,7
«Тяжёлый урод» — бесформенный комок с пульсацией сердца, глубокими структурными нарушениями и водянойкой	2,8	0,5	0,0	0,0
Личинки с искривлением хорды и хвостового отдела	12,0	6,0	4,0	5,0

Количество эмбриональных и личиночных нарушений оказалось близким у калуги и гибрида К×АО, как и в группе амурский осетр и АО×К, но различались между этими группами. Характерное для калуги, и вероятно, передающееся по материнской линии нарушение — «водянка перикардиальной полости» отмечено у значительного количества эмбрионов гибрида К×АО и практически отсутствовало у АО и АО×К. Аналогичное распределение можно отметить и для варианта «тяжёлый урод» (табл. 3).

Экспериментальную молодь разместили на выдерживание в аквариумах, а далее в УЗВ, в отдельных круглых бассейнах с плоским дном объёмом 400 л для перевода личинок на активное питание. Роеение и переход на активное питание у разных форм осетровых произошли практически одновременно при температуре 20 °С.

По результатам выращивания амурских осетровых и их межвидовых гибридов в течение 3-х первых месяцев в УЗВ гибридные формы имели более высокую жизнеспособность в сравнении с чистыми видами (рис. 1). Наименьшая выживаемость отмечена для калуги, начиная с 14-х суток выращивания. Лучшая выживаемость наблюдалась у гибрида АО×К.

При выращивании амурских осетровых и их межвидовых гибридов в течение первых 250 дней в УЗВ гибриды также показали более высокую выживаемость в сравнении с чистыми видами (рис. 1). Наименьшая выживаемость отмечена у годовиков калуги (26% от количества вылупившихся личинок). Лучшую выживаемость за этот период имел гибрид АО×К (53%). Обычно при благоприятных условиях среды в УЗВ гибель молоди уже по достижении 40–50 г уменьшается практически до нуля (единичный отход). К сожалению, из-за больших плотностей выращивания рыб (более 30 кг/м³) и ухудшения гидрохимических параметров воды по нитритам (до 0,4 мг/л) и аммонии (до 2,5 мг/л) на 2 этапе выращивания, смертность амурских осетровых значительно увеличилась (на 7% у гибрида АО×К и до 20% у гибрида К×АО).

Темп роста

Средние массы личинок после перехода на экзогенное питание до возраста 25 дней существенно отличались и составляли у калуги 690 мг, у АО – 478 мг, у гибрида К×АО — 640 мг, и 380 мг у гибрида АО×К. Средняя плотность посадки молоди к 25 суткам выращивания составила 0,35–0,6 кг/м³ в раз-

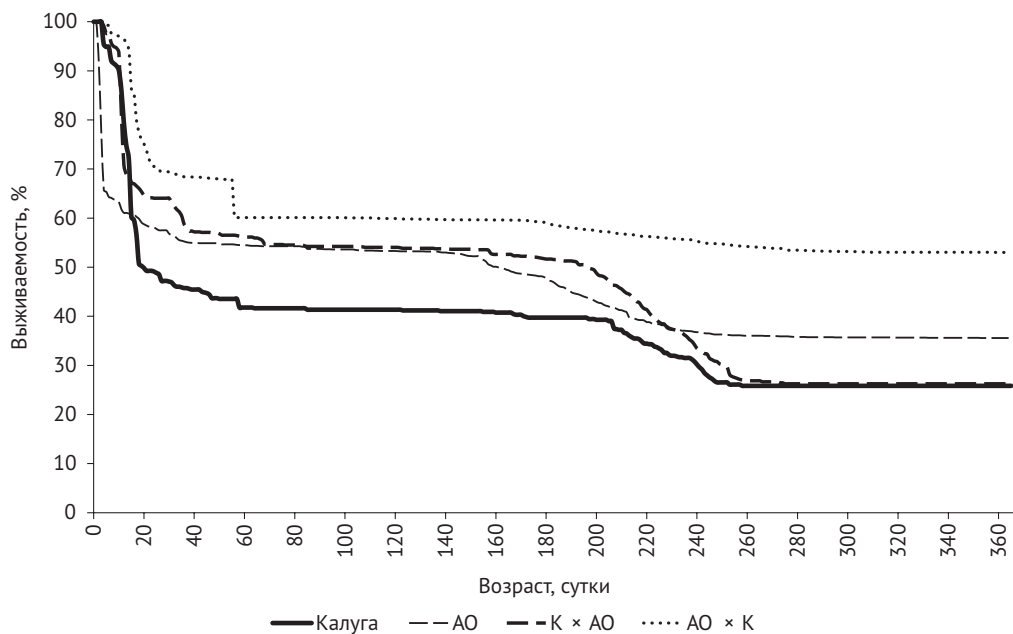


Рис. 1. Выживаемость амурских осетровых рыб в течение 1 года выращивания в УЗВ

ных вариантах. Изменение массы тела молоди представлено на рис. 2.

Средней массы в 2,5 г молодь АО достигла на 37 день выращивания, калуга в это время уже имела среднюю массу 3 г. Различия в темпах роста разных форм осетровых особенно явно проявились после 45 суток выращивания, а в возрасте 3-х месяцев средняя масса калуги (88 г) превышала среднюю массу амурского осетра (23 г) в 3 раза (рис. 2), несмотря на то, что средняя плотность посадки калуги в этот период времени была даже несколько выше (6,5 кг/м³), чем у амурского осетра (6 кг/м³).

Гибриды в возрасте 3-х месяцев имели промежуточное значение средней массы относительно материнских видов: К×АО — 58 г, АО×К — 45 г.

Наименьшие кормовые коэффициенты при выращивании имела калуга, а наибольшие — амурский осётр. Кормовые коэффициенты при выращивании молоди амурских осетровых до средней массы 15 г составили 0,47–0,89, что соответствует нормам при выращивании осетровых с использованием стартовых гранулированных кормов [Каталог: Корма для рыб, 2012].

Кормовые коэффициенты гибридов имели промежуточные значения между материнскими видами, причём у гибрида К×АО, на всех этапах выращивания, кормовой коэффициент (КК) был ниже, чем у гибрида АО×К (табл. 4).

Отличительной особенностью перехода на экзогенное питание личинок калуги и гибрида К×АО являлось сильное про-

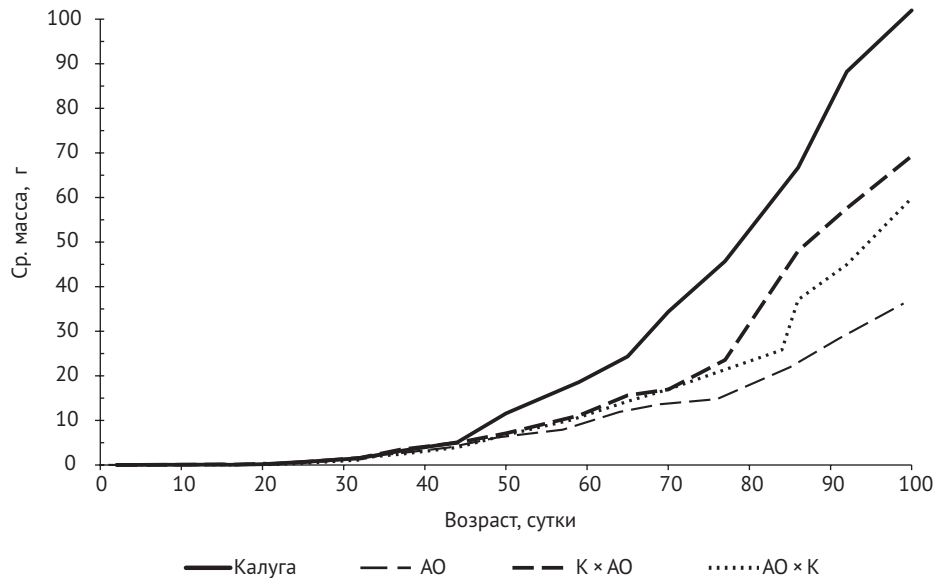


Рис. 2. Изменение средней массы молоди осетровых рыб амурского бассейна и их гибридов до возраста 3 месяцев при выращивании в УЗВ

Таблица 4. Изменение кормовых коэффициентов при выращивании молоди амурских осетровых рыб и их гибридов в УЗВ в течение 3-х месяцев

Вид или гибридная форма	Средняя масса амурских осетровых, г			
	до 1 г	до 3 г	до 15 г	до 36–100 г
Калуга	0,61	0,49	0,47	0,46
Амурский осётр	0,69	0,68	0,89	0,81
К×АО	0,62	0,53	0,62	0,60
АО×К	0,65	0,62	0,65	0,63

явление каннибализма. Наиболее остро он проявился у калуги в возрасте около 1 месяца (рис. 3) при средней массе в 1,5 г, в связи с совместным выращиванием крупных и мелких особей.

Изменчивость массы (Сv) молоди калуги в этом возрасте была наибольшей (37,8%) в сравнении с другими вариантами эксперимента (20,8–29,1%). Одновременно присутствовали мальки более 3 г и мальки менее 0,5 г, что и приводило к каннибализму.

Таким образом, для калуги и гибрида К×АО обязательным этапом биотехники культивирования должны стать регулярные сортировки молоди при достижении средней массы 1 г.

По мере выращивания калуги в одном бассейне без сортировок, разница в индивидуальной массе молоди увеличивалась и в возрасте 3-х месяцев составила более 100 г, с разбросом от 44 до 155 г. Распределение гибридов К×АО и АО×К по массе было более равномерным, что указывает на высокую биологическую пластичность, позволяющую содержать их при более высоких плотностях посадки.

Несмотря на снижение температуры воды на 2 этапе выращивания, масса осетровых во всех вариантах продолжала увели-



Рис. 3. Примеры каннибализма у молоди калуги в возрасте 1 месяца при нормальном рационе её кормления комбикормами

чиваться при сохранении ранее описанных закономерностей. К концу 2 этапа выращивания амурских осетровых рыб в УЗВ средняя масса калуги превышала среднюю массу амурского осетра в 3 раза, как и на первом этапе. Её значения в возрасте 1 года составили: у калуги — 1406 г, у АО — 450 г.

Гибриды в возрасте 1 года имели промежуточное значение средней массы относительно материнских видов: К×АО — 778 г, АО×К — 658 г (рис. 4).

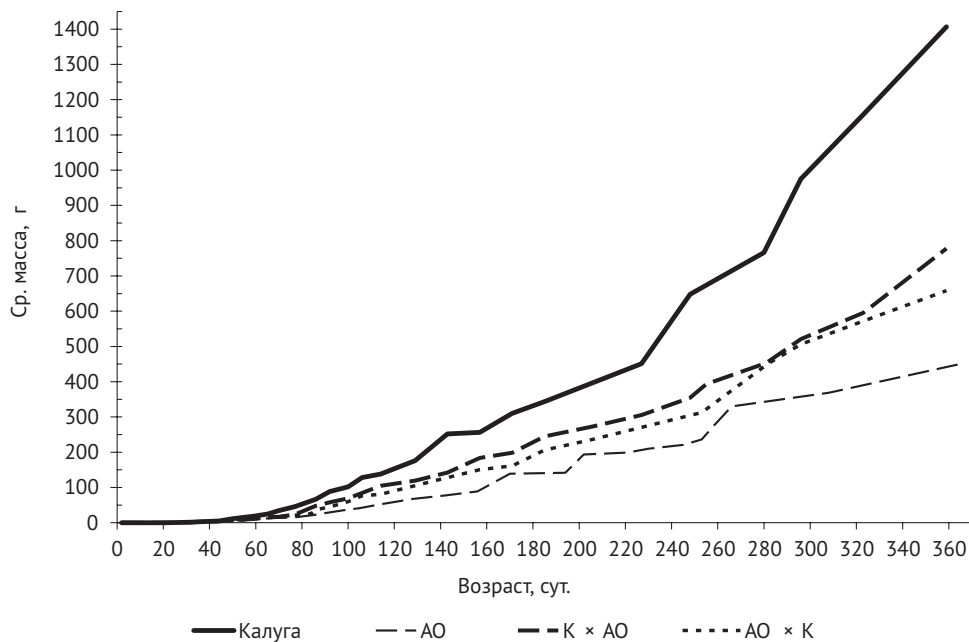


Рис. 4. Изменение средней массы амурских осетровых рыб и их гибридов в течение 1 года в УЗВ

Средняя плотность посадки при выращивании молоди в течение первого года изменялась от 18 до 30 кг/м³ (максимально — до 34 кг/м³) в разных вариантах.

Наименьшие кормовые коэффициенты при выращивании имела, как и раньше, калуга, а наибольшие — амурский осётр. Кормовые коэффициенты при выращивании амурских осетровых до средней массы 450–1406 г составили 0,74–1,5, что соответствует нормам [Каталог: Корма для рыб, 2012] при выращивании осетровых с использованием продукционных гранулированных кормов (1,4–1,8).

Значения кормовых коэффициентов гибридов были промежуточными в сравнении с чистыми видами. У гибрида К×АО кормовой коэффициент был ниже, чем у гибрида АО×К (табл. 5).

Выращивание осетровых без сортировок в течение первого года привело к высокой изменчивости массы молоди (табл. 6).

Разница масс молоди калуги в возрасте 1 года была наибольшей (1895 г), а наименьшая — у амурского осетра (540 г). Разница в массах у гибридов имела промежуточное значение относительно материнских видов: К×АО — 930 г, АО×К — 585 г (табл. 6).

Самой высокой разнокачественностью в течение первого года выращивания харак-

теризовались калуга и гибрид К×АО, а наименьшие значения были у амурского осетра и гибрида АО×К.

Морфо-физиологические различия выращиваемых рыб

Описание и отличительные особенности полученных F₁ гибридов между калугой и амурским осетром от родительских видов достаточно полно приведены в ряде работ [Свирский, 1968; Свирский, Рачек, 2001; Скинрин, Свирский, 2008], в связи с чем дополнительных морфометрических исследований мы не проводили. Достаточно было убедиться в присутствии основных диагностических признаков, отличающих калугу от амурского осетра (наличие кожной складки, отсутствие бахромчатости усиков и полулунная форма рта). Все эти признаки присутствуют у гибрида К×АО, подтверждая преимущественную наследуемость материнского фенотипа, как это было отмечено в скрещиваниях АО с сибирским осетром [Свирский, Скинрин, 2007]. Кроме того, гибрид К×АО имеет желтоватую окраску нижней части рострума в отличие от калуги. Гибрид АО×К, наоборот, имеет больше черт, характерных для амурского осетра (желтоватая окраска нижней части головы и брюшка, наличие бахромчатости на усиках, наличие переры-

Таблица 5. Основные биологические показатели при выращивании амурских осетровых рыб в УЗВ в возрасте 1 года

Вид или гибридная форма	Основные рыбоводные показатели			
	Средняя масса, г	КК	Средняя плотность, кг/м ³	Выживаемость, %
К	1406	0,74	21,6	25,8
АО	450	1,50	21,2	35,6
К × АО	778	0,77	31,4	26,3
АО × К	658	0,97	28,9	53,0

Таблица 6. Масса амурских осетровых рыб в УЗВ в возрасте 1 года

Вид или гибридная форма	Средняя масса, г	Максимальная масса, г	Минимальная масса, г	Разница масс, г	C _v , %
К	1406	2350	455	1895	38,6
АО	450	820	240	540	27,6
К × АО	778	1350	420	930	33,9
АО × К	658	970	385	585	30,4

ва нижней губы и отсутствие межжаберной складки). Все эти показатели достаточно чётко определяются у рыб, начиная с массы 200 г, что в условиях УЗВ соответствует возрасту 5–6 месяцев.

При выращивании молоди амурских осетровых рыб в течение первого года жизни в УЗВ был проведён полный биологический анализ 75 экз. калуги, 32 экз. амурского осетра, 110 экз. гибрида К×АО и 73 экз. гибрида АО×К. Результаты анализа представлены в табл. 7. Проведённый анализ состояния внутренних органов межвидовых гибридов амурских осетровых указывал на удовлетворительные условия содержания рыбы в УЗВ.

Показатели гепатосоматического индекса (ГПИ), занимая промежуточное положение

у гибрида К×АО, были близки к К, а у гибрида АО×К близки к АО; показатели индекса селезёнки (ИС) у гибридов были выше, чем у исходных видов, кардиосоматический индекс (КСИ) близок у всех форм.

Результаты гистологического анализа гонад амурских осетровых и их гибридов первого года выращивания в УЗВ

Из литературных источников известно о сроках начала анатомической и цитологической дифференцировки некоторых видов осетровых рыб, однако такие исследования не проводились на рыбах амурского бассейна. Исследования гаметогенеза осетровых на Куринском рыбноводном заводе, где средняя годовая температура воды

Таблица 7. Органо-соматические показатели годовиков осетровых рыб амурского бассейна в конце первого года выращивания в УЗВ

Параметры	Масса рыбы с внутренностями (М), кг	Длина рыбы зоологич. (L), см	Масса гонад (mg), г	Масса печени (mp), г	Масса селезёнки (ms), г	Масса кишечника (mk), г	Масса сердца (ms), г	Масса порки (без внутренностей) (m), г	ГПИ, %	ИС, %	КСИ, %	ГСИ, %		Доля, %			
												♀	♂	♀	♂	н/о	
<i>Калуга (75 экз.)</i>																	
Среднее значение	387	44,69	1,67	9,28	0,86	22,03	0,93	321									
Минимальное	86	30	0,02	2,80	0,13	7,64	0,41	86	2,89	0,27	0,29	0,47	0,50	15,3	41,7	43	
Максимальное	1066	64	6,10	23,40	3,64	64,66	2,35	947									
<i>Амурский осётр (32 экз.)</i>																	
Среднее значение:	195	29,56	1,12	5,66	0,65	10,04	0,38	168									
Минимальное	69	22	0,13	2,10	0,10	3,50	0,10	60	3,38	0,39	0,23	0,44	0,72	34,4	56,3	9,3	
Максимальное	343	36	3,76	16,90	1,72	17,19	0,73	300									
<i>Гибрид К × АО (110 экз.)</i>																	
Среднее значение	267	42,51	1,09	16,76	0,95	12,25	0,68	236									
Минимальное	103	30	0,11	1,99	0,18	4,18	0,28	94	2,64	0,40	0,29	0,38	0,41	16,7	26,9	56,4	
Максимальное	673	53	4,50	25,30	5,93	28,60	1,48	596									
<i>Гибрид АО × К (73 экз.)</i>																	
Среднее значение	259	40,27	0,81	7,57	1,04	13,78	0,59	234									
Минимальное	44	24	0,09	0,98	0,13	4,66	0,15	96	3,24	0,45	0,25	0,32	0,31	27,1	55,7	17,2	
Максимальное	639	54	3,29	19,52	3,85	24,60	2,00	481									

составляла 17,8 °С при наборе тепла за год 6500 градусо-дней показали, что анатомическая дифференцировка пола у севрюги происходит в возрасте 4 месяцев. У осетров: сибирского — 5, русского — 7, персидского — 12, шипа — в 1 год, белуги — в 1,5 года, а цитологическая дифференцировка яичников, соответственно, в возрасте 5, 7, 12 и 18 месяцев, 1,5 и 2 года [Гусейнова, 2010, 2012].

В УЗВ ФГБНУ «ВНИРО» (г. Москва) сумма тепла за первые 6 месяцев выращивания составила 4152 градусо-дня. Затем молодь АО из-за недостатка площадей была переведена на более холодную воду в ЭРК ФГБНУ

«ВНИРО». Таким образом, к моменту гистологического анализа гонад, АО набрали 5469 градусо-дней (7,5 месяцев выращивания). Дифференцировка гонад молоди К, К×АО и АО×К анализировалась в возрасте 8 месяцев при наборе тепла 6436 градусо-дней.

Молодь АО набрала на 1000 градусо-дней меньше, чем остальные выращиваемые виды и гибриды, и поэтому наблюдалась разница в стадиях зрелости АО и АО×К. Как видно из таблицы 7, из 32 исследуемых особей АО у 9,3% не смогли определить пол (н/о). У 90,7% молоди АО к 7-месячному возрасту произошла анатомическая и цитологическая

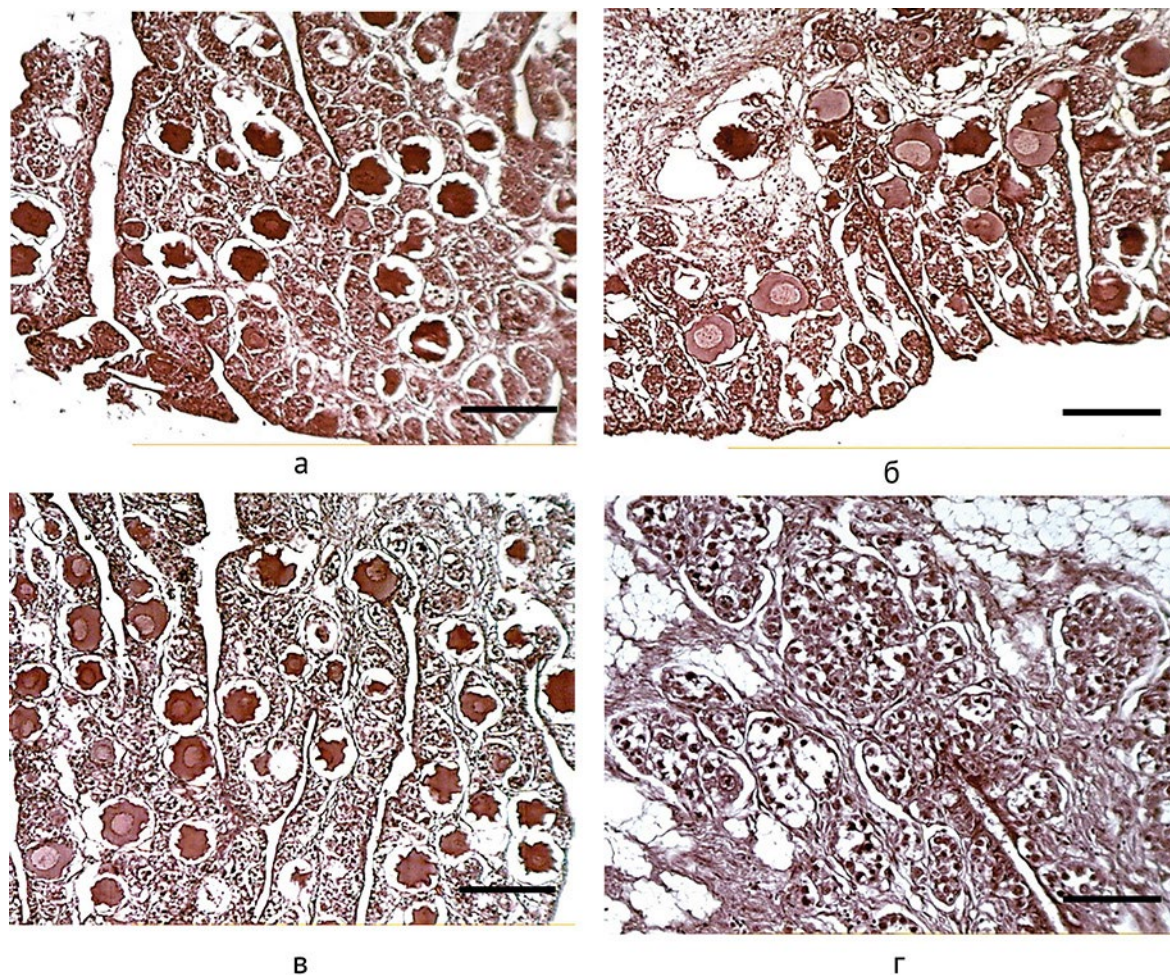


Рис. 5. Микроструктура гонад самок амурского осетра, калуги и гибридов АО × К и К × АО с анатомической и цитологической дифференцировкой пола:

а — микроструктура гонады АО в возрасте 7,5 месяцев, II стадия зрелости. Масса рыбы 420 г, длина 48 см, масса гонад 0,81 г. Ув.: ок. 10 × об. 10. Масштаб: 200 мкм; б — микроструктура гонады АО×К в возрасте 8 месяцев, II стадия зрелости. Масса рыбы 416 г, длина 48 см, масса гонад 1,46 г. Ув.: ок. 10 × об. 10. Масштаб: 200 мкм; в — микроструктура гонады К×АО в возрасте 8 месяцев, II стадия зрелости. Масса рыбы 673 г, длина 52 см, масса гонад 2,96 г. Ув.: ок. 10 × об. 10. Масштаб: 200 мкм; г — микроструктура гонады К в возрасте 8 месяцев, I стадия зрелости. Масса рыбы 389 г, длина 48 см, масса гонад 1,06 г. Ув.: ок. 10 × об. 20. Масштаб: 100 мкм

дифференцировка пола, а самки имели гонады с начальной II стадией зрелости (рис. 5 а).

На гистологических препаратах гонад гибрида АО×К из 73 рыб у 17,2% не удалось определить пол. У 82,8% молоди АО×К в возрасте 8 месяцев произошла цитологическая дифференцировка пола при сумме тепла 6436 градусо-дней. У самок обнаруживались единичные ооциты начальных периодов протоплазматического роста. У 25% самок гонады находились на II стадии зрелости с ооцитами в фазе однослойного фолликула, занимающими всю яйценосную пластину (рис. 5 б).

Из 110 гибридов К×АО у 56,4% не удалось определить пол. У молоди К×АО в этом же возрасте при аналогичных условиях выращивания у 16,7% самок и у 27,1% самцов произошла цитологическая дифференцировка пола. У 89% самок на препаратах обнаруживались оогонии и единичные ооциты и только у 11% самок гибрида К×АО гонады были на начальной II стадии зрелости (рис. 5 в). Сроки дифференцировки пола у гибрида К×АО будут близки к калуге и займут промежуточное положение между К и АО×К.

Из 75 экземпляров калуг в возрасте 8–9 месяцев, при той же сумме тепла, у 43% не удалось определить пол. У 15,3% самок калуги отмечена анатомическая дифференцировка

ка пола и обнаружены гонады с оогониями в домитотическом и в состоянии митотического деления и ооцитами синаптенного пути, формируемые вокруг борозды-щели (рис. 5 г).

У 41,7% самцов наблюдалась анатомическая дифференцировка пола с небольшими островками половых клеток, представленными сперматогониями в интеркинетическом состоянии, и только у одного крупного самца на препаратах были обнаружены сформированные ампулы со сперматогониями.

На всех поперечных срезах семенников самцов (рис. 6) мы наблюдали гонии в обрамлении тяжей соединительной ткани, формируемые в группы половых клеток — сперматогонии. Если на рис. 6 а семенные ампулы ещё не сформированы и наблюдается переходная стадия I–II, то на рис. 6 б завершается формирование ампул, характерное для II стадии зрелости с цитологической дифференцировкой пола и началом процесса отложения жира.

Низкие значения гонадосоматического индекса (ГСИ) вполне согласуются с данными о степени развития гонад в возрасте до 1 года у рыб амурского бассейна. ГСИ у самцов АО в возрасте семи месяцев в 1,64 раза больше, чем у самок. У остальных форм зна-

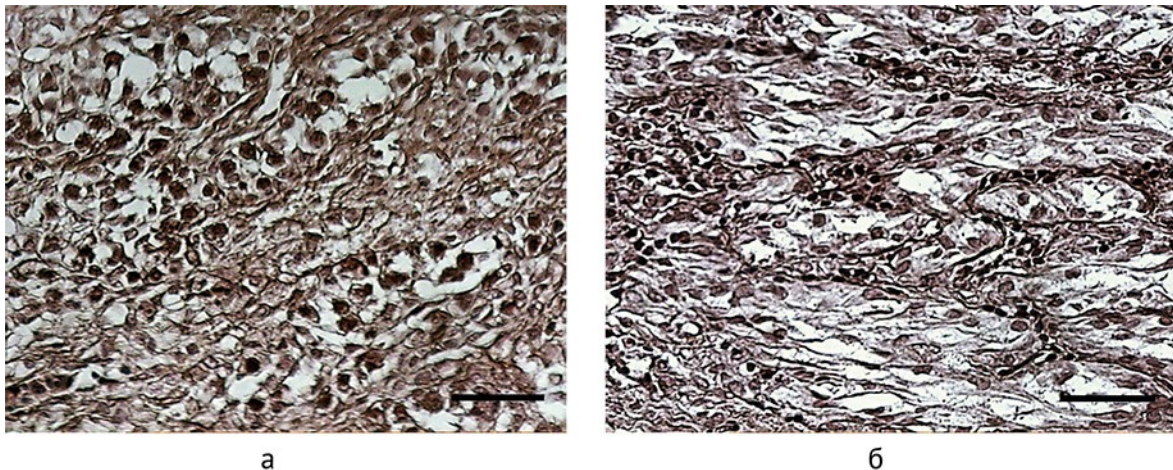


Рис. 6. Микроструктура гонад самцов амурского осетра и калуги с анатомической и цитологической дифференцировкой пола:

а — поперечный срез семенника АО в возрасте 7,5 месяцев, стадия зрелости I–II. Масса рыбы 383 г, зоологическая длина 43 см, масса гонад 1,43 г. Ув.: ок. 10 × об. 40. Масштаб: 50 мкм; б — поперечный срез семенника К в возрасте 8,5 месяцев, II стадия зрелости. Масса рыбы 510 г, длина 47 см, масса гонад 1,5 г. Ув.: ок. 10 × об. 40. Масштаб: 50 мкм

чения близки. ГСИ был наибольшим у годовиков амурского осетра, а наименьший у гибрида АО×К.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Известно, что гибриды 268-хромосомной калуги с 250-хромосомным амурским осетром являются фертильными, поэтому их нельзя выпускать в открытые водоёмы [Васильев и др., 2009]. Выращивание этих гибридов в УЗВ является оптимальным для ускоренного получения товарной рыбы и пищевой икры. Однако хозяйственное использование исследованных видов и гибридов целесообразно вести с учётом их биологических потенциалов.

Для икорного направления, исходя из особенностей половой дифференцировки, больше подойдут амурский осётр и гибрид АО×К, как более скороспелые.

На прохождение отдельных стадий зрелости гонад амурским осетровым, также как и другим видам, требуется определённая сумма набранного тепла. Судя по изученным препаратам, сроки дифференцировки пола у калуги будут сопоставимы с набором тепла у белуги. Анатомическая дифференцировка закончится в УЗВ к возрасту 14,5 месяцев (при наборе 9790 градусо-дней), а цитологическая — к возрасту 19,3 месяца (13 000 градусо-дней).

Для получения товарной рыбы больше подойдут калуга и гибрид К×АО, как наиболее быстро растущие.

Оценивая реализацию ростового потенциала межвидовых гибридов и чистых видов осетровых рыб амурского бассейна в УЗВ в течение первого года выращивания, можно констатировать, что в сравнении с родительскими видами, гибрид АО × К обладал более высокой выживаемостью, но по скорости роста уступает гибриду К × АО. Наибольший темп роста имела калуга, но её выживаемость была наименьшей.

Был проведён анализ зависимости средних масс от плотности выращивания мо-

лоди амурских осетровых в бассейнах УЗВ в течение первого года. Прямой корреляции между этими показателями не наблюдалось. Обычно, при выращивании одного вида осетровых и стабильных гидрохимических показателей воды чем больше плотность выращивания, тем меньше средняя масса рыбы. Однако, как видно из приведённых выше графиков, наименьшая средняя масса одновозрастной молоди была у амурского осетра при наименьшей плотности её выращивания (до 21 кг/м³), а наибольшая средняя масса была у калуги, несмотря на большие плотности посадки (до 28 кг/м³). Таким образом, калуга даже при более высоких плотностях посадки при выращивании опережает в росте амурского осетра.

Длительное выращивание осетровых без сортировок, приводит к значительному увеличению разноразмерности молоди. Распределение особей по массе тела становится более ассиметричным.

Наименьшие кормовые коэффициенты на всех этапах выращивания имела калуга, а наибольшие — амурский осётр. Значения кормовых коэффициентов гибридов были промежуточными относительно материнских видов, причём, у гибрида К×АО кормовой коэффициент был ниже, чем у гибрида АО×К, что так же свидетельствует о предпочтительном выращивании первого в товарных целях.

Проведённые исследования показали возможность и перспективность выращивания осетровых амурского бассейна в УЗВ в любом регионе России.

Получены лишь предварительные результаты, а дальнейшее выращивание осетровых амурского бассейна до товарной массы (2,5–3 кг) и созревание их в промышленных условиях с использованием УЗВ позволит дать более объективную оценку полученным значениям биологических показателей.

ЛИТЕРАТУРА

- Бурцев И. А., Смольянов И. И., Гершанович А. Д., Николаев А. И. 1984. Методические указания по формированию и эксплуатации маточных стад сибирского осетра. М.: ВНИРО. 24 с.
- Васильев В. П., Васильева Е. Д., Шедько С. В., Новомодный Г. В. 2009. Уровень плоидности калуги *Huso dauricus* и сахалинского осетра *Acipenser mikadoi* (Acipenseridae, Pisces) // Доклады Академии Наук. Т. 426. № 2. С. 275–278.
- Гусейнова Г. Г. 2010. Гетерохрония развития половых желёз в раннем онтогенезе у разных представителей осетровых рыб // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. № 4. С. 34–38.
- Гусейнова Г. Г. 2012. Гетерохрония развития половых желёз у осетровых рыб в условиях аквакультуры. Автореф. дисс. ... док. фил. биол. наук. Баку. БГУ. 21 с.
- Детлаф Т. А., Гинзбург А. С., Шмальгаузен О. И. 1981. Развитие осетровых рыб. М.: Наука. 191 с.
- Жигин А. В. 2011. Замкнутые системы в аквакультуре. М.: РГАУ-МСХА. 664 с.
- Крылова В. Д. 1991. Нарушения в развитии бестера на ранних этапах онтогенеза при искусственном разведении // Тез. докл. V Всес. конф. по раннему онтогенезу рыб. Астрахань 1–3 октября 1991 г. М.: ВНИРО. С. 194–198.
- Каталог: Корма для рыб. 2012. Aquafeed. Aller aqua. 26 с.
- Подушка С. Б. 1986. Способ получения икры от самок осетровых рыб // SU1412035 A1 20.04.2008. Доступно через: <http://patents.su/1-1412035-sposob-polucheniya-ikry-ot-samok-osetrovykh-ryb.html>. 15.05.2019.
- Рачек Е. И., Скирин В. И., Корнилова А. В. 2013. Гибриды амурских осетровых рыб для товарного выращивания // Рыбное хозяйство. № 3. С. 70–78.
- Рачек Е. И., Амвросов Д. Ю., Скирин В. И., Валова В. Н. 2014. Инструкция по технологии формирования маточных стад калуги в условиях полносистемного тепловодного хозяйства. Владивосток.: ТИНРО-Центр. 38 с.
- Роскин Г. И., Левинсон Л. Б. 1957. Микроскопическая техника. М.: Сов. наука. 467 с.
- Свирский В. Г. 1968. Таксономическое описание амурского осетра и некоторые дополнения к диагнозу калуги // Ученые записки Дальневосточного ун-та. Т. 15. № 2. С. 127–144.
- Свирский В. Г., Рачек Е. И. 2001. Гибридизация как элемент ресурсосберегающих технологий товарного осетроводства Дальневосточного региона // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития. Мат. докл. II Межд. науч.-практ. конф. Астрахань 21–22 ноября 2001 г. Астрахань: «Новая». С. 119–120.
- Свирский В. Г., Скирин В. И. 2007. Морфологическая характеристика амурского (*A. schrenckii*), сибирского (*A. baerii*) осетров и гибридов первого поколения (амурский осетр × сибирский осетр, сибирский осетр × амурский осетр) // Известия ТИНРО. Т. 150. С. 317–326.
- Скирин В. И., Свирский В. Г. 2008. Морфологические характеристики гибридов при межродовом скрещивании осетровых рыб родов *Huso* и *Acipenser* // Чтения памяти В. Я. Леванидова. Вып. 4. Владивосток.: Дальнаука. С. 406–413.

Поступила в редакцию 11.11.2019 г.
Принята после рецензии 09.01.2020 г.

Aquaculture

The results of growing Amur sturgeons and hybrids between them in Recirculating Aquaculture Systems during the first year of life

A.S. Safronov, O.P. Filippova, S.E. Zuevskiy, K.V. Suchover

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow, Russia

Larvae obtained from eggs and later juveniles of pure species of Kaluga *Huso dauricus* and Amur sturgeon *Acipenser schrenckii* and reciprocal hybrids between them: K×AS and AS×K, were grown in RAS during the year. The studies were conducted in the 2018–2019 in the tanks modules of the RAS of the FSBSI «VNIRO». Compared to the parent species, the AS×K hybrid has a higher survival rate, but is inferior to the K×AS hybrid in terms of growth rate. Kaluga had the highest growth rate, with the lowest survival rate. Kaluga had the lowest feed coefficients at all stages of cultivation, and Amur sturgeon had the highest. The values of the feed coefficients of the hybrids were intermediate relative to the maternal species, and the feed coefficient for the K×AS hybrid was lower than for the AS×K hybrid. Long-term cultivation of Amur sturgeons without sorting leads to a significant increase in the different sizes of juveniles, and of Kaluga, to an increase in cannibalism. The terms of anatomical and cytological differentiation of the sex of the Amur basin's sturgeon and their hybrids were established as a result of histological studies. An analysis of the morphological and physiological state of the yearlings allowed us to determine the optimal conditions for their cultivation and the normal passage of gametogenesis in RAS. The use of RAS confirmed the fundamental possibility, as well as the prospect of growing sturgeons of the Amur basin and their hybrids in any region of Russia.

Keywords: sturgeon fish, hybrid, Amur sturgeons, recirculation aquaculture system (RAS), controlled conditions, histology, oocytes.

DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-172-187

REFERENCES

- Burtsev I.A., Smol'yanov I.I., Gershanovich A.D., Nikolaev A.I. 1984. Metodicheskie ukazaniya po formirovaniyu i ehkspluatatsii matochnyh stad sibirskogo osetra [Methodological guidelines for the formation and maintenance of broodstock of Siberian sturgeon]. M.: VNIRO. 24 s.
- Vasil'ev V.P., Vasil'eva E.D., Shed'ko S.V., Novomodnyj G.V. 2009. Uroven' ploidy kalugi *Huso dauricus* i sahalinskogo osetra *Acipenser mikadoi* (Acipenseridae, Pisces) [Ploidy level of Kaluga *Huso dauricus* and Sakhalin sturgeon *Acipenser mikadoi* (Acipenseridae, Pisces)] // Doklady Akademii Nauk. T. 426. № 2. S. 275–278.
- Gusejnova G.G. 2010. Geterohroniya razvitiya polovyh zhelez v rannem ontogeneze u raznyh predstavitelej osetrovyyh ryb [Heterochrony of the development of gonads in early ontogenesis in different representatives of sturgeons] // Vestnik MGOU. Seriya: Estestvennye nauki. № 4. S. 34–38.
- Gusejnova G.G. 2012. Geterohroniya razvitiya polovyh zhelez u osetrovyyh ryb v usloviyah akvakul'tury [Heterochrony of development of gonads in sturgeons in the conditions of aquaculture]. Avtoref. diss. ... dok. fil. biol. nauk. Baku. BGU. 21 s.
- Detlaf T.A., Ginzburg A.S., Shmal'gauzen O.I. 1981. Razvitie osetrovyyh ryb [Development of sturgeons]. M.: Nauka. 191 s.
- Zhigin A.V. 2011. Zamknutyte sistemy v akvakul'ture [Aquaculture circulation systems]. M.: RGAU-MSKHA. 664 s.
- Krylova V.D. 1991. Narusheniya v razvitii bestera na rannih etapah ontogeneza pri iskusstvennom razvedenii [Disorders during the growth of bester in the early stages of ontogenesis with artificial breeding] // Tez. dokl. V Vses. konf. po rannemu

- ontogenezu ryb. Astrahan' 1–3 oktyabrya 1991 g. M.: «VNIRO». S. 194–198.
- Katalog: Korma dlya ryb* [Fish feed]. 2012. Aquafeed. Aller aqua. 26 c.
- Podushka S.B.* 1986. Sposob polucheniya ikry ot samok osetrovyyh ryb [Method of obtaining eggs from sturgeon females] // SU1412035 A1 20.04.2008. Accessible via: <http://patents.su/1-1412035-sposob-polucheniya-ikry-ot-samok-osetrovykh-ryb.html>. 15.05.2019 g.
- Rachek E.I., Skirin V.I., Kornilova A.V.* 2013. Gibridy amurskikh osetrovyyh ryb dlya tovarnogo vyrashchivaniya [Amur sturgeon hybrids for commercial rearing] // *Rybnoe hozyajstvo*. № 3. S. 70–78.
- Rachek E.I., Amvrosov D. Yu., Skirin V.N., Valova V.N.* 2014. Instruksiya po tekhnologii formirovaniya matochnyyh stad kalugi v usloviyah polnosistemnogo teplovodnogo hozyajstva [Instructions of formation technology broodstocks of Kaluga in a full-system warm-water farms]. Vladivostok.: TINRO-tsentr. 38 s.
- Roskin G.I., Levinson L.B.* 1957. Mikroskopicheskaya tekhnika [Microscopical equipment]. M.: Sov. nauka. 467 s.
- Svirskij V.G.* 1968. Taksonomicheskoe opisanie amurskogo osetra i nekotorye dopolneniya k diagnozu kalugi [Taxonomic description of Amur sturgeon and some additions to the diagnosis of Kaluga] // *Uchenye zapiski Dal'nevostochnogo un-ta*. T.15. № 2. S.127–144.
- Svirskij V.G., Rachek E.I.* 2001. Gibridizatsiya kak ehlement resursosberegayushchih tekhnologij tovarnogo osetrovodstva Dal'nevostochnogo regiona [Hybridization as an element of resource-saving technologies of commodity sturgeon farming in the Far Eastern region] // *Akvakul'tura osetrovyyh ryb: dostizheniya i perspektivy razvitiya*. Mat. dokl. II Mezhd. nauch.-prakt. konf. Astrahan' 21–22 noyabrya 2001 g. Astrahan': «Nova». S.119–120.
- Svirskij V.G., Skirin V.I.* 2007. Morfologicheskaya harakteristika amurskogo (*A. schrenckii*), sibirskogo (*A. baerii*) osetrov i gibridov pervogo pokoleniya (amurskij osetr×sibirskij osetr, sibirskij osetr×amurskij osetr) [Morphological characteristics of amur sturgeon *Acipenser schrenckii*, siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Acipenseridae), and their first filial generation (amur sturgeon x siberian sturgeon, siberian sturgeon x amur sturgeon)] // *Izvestiya TINRO*. Ser: Akvakul'tura. T.150. S. 317–326.
- Skirin V.I., Svirskij V.G.* 2008. Morfologicheskie harakteristiki gibridov pri mezhrodovom skreshchivanii osetrovyyh ryb rodov Huso i Acipenser [Morphological characteristics of hybrids from bigeneric crossing of *Huso* and *Acipenser*] // *Chteniya pamyati V.YA. Levanidova*. Vyp. 4. Vladivostok.: Dal'nauka. S. 406–413.

TABLE CAPTIONS

- Table 1.** Fish breeding and biological indicators of parent species of Amur sturgeons
- Table 2.** The ratio of abnormal and normal embryos during incubation of eggs of pure species and hybrid forms of Amur sturgeons
- Table 3.** The ratio of normal and abnormal embryos and larvae during hatching in pure species and hybrid forms of Amur sturgeons
- Table 4.** Changes of feed coefficients during rearing of Amur sturgeons juveniles and their hybrids in RAS within 3 months
- Table 5.** The main biological indicators for the cultivation of Amur sturgeons in RAS at the age of 1 year
- Table 6.** Weight of Amur sturgeons in RAS at the age of 1 year
- Table 7.** Organo-somatic indicators of the Amur basin sturgeons' yearlings at the end of the first year of cultivation in RAS

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** Survival rate of Amur sturgeons during 1 year of cultivation in RAS
- Fig. 2.** Change in the average mass of juvenile sturgeon in the Amur basin and their hybrids until the age of 3 months when grown in RAS
- Fig. 3.** Examples of cannibalism of Kaluga juveniles at the age of 1 month with a normal diet of feed
- Fig. 4.** Change in the average mass of Amur sturgeons and their hybrids during 1 year in RAS

Fig. 5. Microstructure of females' gonads of the Amur sturgeon (AS), Kaluga (K) and hybrids AS×K and K×AS with anatomical and cytological sex differentiation:

a — microstructure of the gonad of AS at the age of 7.5 months, stage II maturity. The weight of fish is 420 g, the length is 48 cm. The weight of gonads is 0.81 g. Magnification approx. 10×10 . Scale: 200 microns; *b* — microstructure of the gonad AS×K at the age of 8 months, stage II maturity. The weight of fish is 416 g, the length is 48 cm. The weight of gonads is 1.46 g. Magnification approx. 10×10 . Scale: 200 microns; *c* — microstructure of the gonad K×AS at the age of 8 months, stage II maturity. The weight of fish is 673 g, the length is 52 cm, the weight of gonads is 2.96 g. Magnification approx. 10×10 . Scale: 200 microns; *g* — microstructure of gonad K at the age of 8 months, stage I maturity. The weight of fish is 389 g, the length is 48 cm, the weight of gonads is 1.06 g. Magnification approx. 10×20 . Scale: 100 microns

Fig. 6. Microstructure of the males' gonads of the Amur sturgeon (AS) and Kaluga (K) with anatomical and cytological sex differentiation:

a — cross section of the testis of AS at the age of 7.5 months, maturity stage I–II. The weight of fish is 383 g, the zoological length is 43 cm, the weight of gonads is 1.43 g. Magnification approx. 10×40 . Scale: 50 microns; *b* — cross section of the testis K at the age of 8.5 months, stage II maturity. The weight of fish is 510 g, the length is 47 cm, the weight of gonads is 1.5 g. Magnification approx. 10×40 . Scale: 50 microns