

УДК 639.31



А.С. Сафронов¹, Е.И. Рачек², С.Е. Зуевский¹,
Д.Ю. Амвросов², О.П. Филиппова^{1*}

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,
107140, г. Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17;
² Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ КАЛУГИ, АМУРСКОГО ОСЕТРА И РЕЦИПРОКНЫХ ГИБРИДОВ МЕЖДУ НИМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Полученные от маточного стада Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО) чистые виды: калуга *Huso dauricus*, амурский осетр *Acipenser schrenkii* и реципрокные гибриды между ними — К×АО и АО×К — в течение трех лет параллельно выращивались в бассейнах установки с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ) и на садковом хозяйстве. По интегральному комплексу основных рыбоводных показателей — массе тела сеголеток, выживаемости и кормовым затратам на прирост в садках — лучше всего проявила себя гибридная форма АО×К, а в бассейнах УЗВ — К×АО. Сравнительное выращивание экспериментальных групп амурских осетровых подтвердило технологические преимущества УЗВ, позволяющие получить товарную калугу и гибрид К×АО уже к середине второго года выращивания, а на третьем году выращивания — любой из перечисленных выше объектов. В садковых условиях только калуга и гибрид АО×К достигли товарной массы на третьем году выращивания.

Ключевые слова: амурские осетровые рыбы, реципрокные гибриды, установка замкнутого водоснабжения, садковое выращивание, контролируемые условия, выживаемость, массонакопление, товарное выращивание.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-923-936.

* Сафронов Александр Станиславович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: maricul@vniro.ru; Рачек Евгений Иванович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: evgeniy.rachek@tinro-center.ru; Зуевский Сергей Евгеньевич, ведущий инженер, e-mail: maricul@vniro.ru; Амвросов Дмитрий Юрьевич, начальник Лучегорской научно-исследовательской рыбоводной станции, e-mail: dmitriy.amvrosov@tinro-center.ru; Филиппова Ольга Павловна, старший научный сотрудник, e-mail: maricul@vniro.ru.

Safronov Alexander S., Ph.D., leading researcher, VNIRO, 17, V. Krasnoselskaya, Moscow, 107140, Russia, e-mail: maricul@vniro.ru; Rachek Evgeny I., Ph.D., leading researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: evgeniy.rachek@tinro-center.ru; Zuevsky Sergey E., leading engineer, VNIRO, 17, V. Krasnoselskaya, Moscow, 107140, Russia, e-mail: maricul@vniro.ru; Amvrosov Dmitry Yu., head of fish breeding station, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: dmitriy.amvrosov@tinro-center.ru; Philippova Olga P., senior researcher, VNIRO, 17, V. Krasnoselskaya, Moscow, 107140, Russia, e-mail: maricul@vniro.ru.

Safronov A.S., Rachek E.I., Zuevsky S.E., Amvrosov D.Yu., Philippova O.P. Results of comparative cultivation of kaluga, amur sturgeon and reciprocal hybrids between them with using of various technologies // *Izv. TINRO*. — 2021. — Vol. 201, Iss. 4. — P. 923–936.

Pure species obtained from the breeding stocks of the Pacific branch of VNIRO (Russian Res. Inst. of Fisheries and Oceanography), as kaluga *Huso dauricus* and amur sturgeon *Acipenser schrenckii*, as well as reciprocal hybrids between them $K \times AO$ and $AO \times K$, were grown in parallel in tanks with recirculation aquaculture system (at fish farm near Moscow) and in net cages with heated water (at fish farm in Luchegorsk, not far from Vladivostok) for three years, 2018–2020. Survival, growth rate, feed costs, and cultivation density were determined for the experimental groups of fish on the main biological stages (embryos, larvae, fry, juveniles). Certain differences in survival and growth rate were found between the pure species and hybrids cultivated in different conditions. In the embryonic period, both survival and growth rate were higher for fish in cages, possibly because of long transportation of eggs to Moscow. For other stages, survival of $K \times AO$ was the highest in tanks, with exception of one-year-old fish, whereas survival of kaluga was the lowest at this farm, with exceptions of early juveniles (weight 2–3 g) and two-year-old fish. For Moscow farm, survival in tanks was: kaluga 9.3 %, cross $K \times AO$ 21.7 %, cross $AO \times K$ 26.8 %, amur sturgeon 28.9 %. For Luchegorsk farm, survival in cages was: kaluga 10.5 %, cross $K \times AO$ 11.5 %, amur sturgeon 19.5 %, cross $AO \times K$ 21.2 %. The effect of heterosis was observed for survival in cages, but not in tanks, where the rates for hybrids were between the rates for their parental species. At the third year of cultivation, the greatest weight increments were observed for kaluga and $K \times AO$ in cages and for kaluga and $AO \times K$ in tanks. By the autumn of the third year, the average weight in tanks exceeded this one in cages in 2.0 times for $AO \times K$ and amur sturgeon, in 2.5 times for kaluga, and in 3.0 times for $K \times AO$. Kaluga and hybrid $AO \times K$ had the best growth rate in cages at Luchegorsk farm, but Kaluga and hybrid $K \times AO$ had the highest growth in tanks at Moscow farm. The integral score accounting the main indicators of fish breeding, as body weight of fingerlings, survival and feed cost, for the cage growing was the best for hybrid $AO \times K$ and for the tank growing — for hybrid $K \times AO$. The comparative experiment confirms technological advantages of the sturgeons breeding in tanks. Due to warmer conditions of the growing, commercial product of kaluga and cross $K \times AO$ can be obtained by the middle of the second year of cultivation, and other species reach the commercial weight in the third year. In the case of cage breeding, kaluga and cross $AO \times K$ only reach the commercial weight in the third year of cultivation.

Key words: sturgeon, reciprocal hybrid, recirculation aquaculture system, cultivation in cages, controlled conditions, survival, weight increment, commercial cultivation.

Введение

Обеспечение населения Российской Федерации качественной продукцией из осетровых видов рыб (пищевой икрой и товарной рыбой) с момента полного закрытия промысла происходит только благодаря развитию различных форм товарного осетроводства на рыбоводных предприятиях преимущественно индустриального типа. Одним из способов повышения эффективности выращивания товарных осетровых является межвидовая гибридизация осетровых рыб, направленная на получение наиболее быстрорастущих форм с высокой выживаемостью. Рост и развитие осетровых рыб определяются преимущественно температурой окружающей среды: чем выше температура воды, тем выше пищевая активность и скорость обменных процессов, приводящих к увеличению массы тела. Температурный оптимум накопления массы различается у разных видов, что позволяет путем межвидовой гибридизации получить организмы, хорошо адаптирующиеся к конкретным условиям среды за счет сочетания биологических потенций родительских видов. В связи с этим использование осетровых видов рыб амурского комплекса, достигающих больших размеров и приспособленных к значительным перепадам температуры воды, для получения межвидовых гибридов и выращивания их при стабильно высоких температурах представляется перспективным.

Целью настоящей работы можно считать сравнение продукционных характеристик калуги, амурского осетра и реципрокных гибридов между ними, выращенных до товарной массы в условиях рециркуляционной системы в Московской области (установка с замкнутым циклом водообеспечения — УЗВ) и в садках тепловодного

хозяйства Лучегорской научно-исследовательской рыбоводной станции (НИРС) в Приморском крае для определения наиболее выгодных объектов товарного осетроводства.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования выбрали традиционных для товарного осетроводства Приморского края калугу (К), амурского осетра (АО) и реципрокных гибридов между ними первого поколения (АО×К — гибрид между самкой амурского осетра и самцом калуги; К×АО — гибрид между самкой калуги и самцом амурского осетра).

Параллельно с обычным циклом выращивания осетровых видов рыб в тепловом хозяйстве Лучегорской НИРС, использующем воду после охлаждения турбин Приморской ГРЭС (на ранних этапах молодь выращивают в бассейнах, по достижении массы 20 г — в садках с проточной водой), часть потомства перевезли в Московскую область, в экспериментальную рециркуляционную установку ВНИРО (УЗВ), где продолжили содержание в бассейнах с искусственным подогревом воды.

В качестве производственных показателей учитывали выживаемость, темп роста и эффективность использования корма на прирост (кормовой коэффициент — КК) у видов и гибридных форм осетровых рыб на разных этапах онтогенеза (эмбриональное и личиночное развитие, выращивание молоди и неполовозрелых рыб до товарной массы 2,5–3,0 кг).

Выживаемость рыб рассчитывали путем определения разницы между начальным и конечным количеством рыб каждого варианта. Для оценки изменения темпа роста взвешивали индивидуально не менее 50 особей каждого варианта на каждом этапе выращивания. Рассчитывали коэффициент массонакопления (Км) и величину относительного прироста на ключевых этапах выращивания [Баранов и др., 1979].

С целью снижения генетического влияния родителей на рост и выживаемость для выращивания в УЗВ и в садковом хозяйстве использовали потомства видов и гибридных форм осетровых рыб амурского комплекса, полученные от одинаковых пар производителей. Получение потомства проводили на Лучегорской НИРС в 2018 г. Для нереста отобрали 2 самок амурского осетра в возрасте 15 лет массой 22,7 и 30,4 кг и 4 самцов в возрасте от 12 до 22 лет массой от 12,2 до 20,8 кг. Калуга была представлена двумя самками в возрасте 19 и 21 года массой 77 и 96 кг и тремя самцами в возрасте от 19 до 22 лет массой от 64 до 78 кг.

Производителей калуги инъецировали в садках площадью 10 м², а производителей амурского осетра — в бассейнах типа ИЦА-2 (2,0×2,0×0,4 м) сурфагоном. Созревание производителей амурских осетровых происходило при температурах 15,7–16,2 °С. Зрелые половые продукты рыбоводного качества не удалось получить только от одного самца калуги.

Инкубацию икры на садковом хозяйстве провели в аппарате «Осетр», задействовав 4 вкладыша для раздельного содержания видов и гибридов осетровых, при колебаниях температуры воды от 16,0 до 19,5 °С. Через сутки инкубации по 100 г оплодотворенной икры чистых видов и гибридных форм передали для проведения параллельного эксперимента в УЗВ ВНИРО, где доинкубацию икры провели в 4 односекционных аппаратах «Осетр» при средней температуре 14 °С.

В дальнейшем условия выращивания амурских осетровых в садковом хозяйстве и в УЗВ различались не только температурой воды (табл. 1), но и размерами и конфигурацией емкостей, в которых проводили выдерживание и выращивание личинок, молоди и товарной рыбы (табл. 2).

Выращивание до сеголеток разделили на 3 этапа согласно технологии получения посадочного материала в садковом хозяйстве Лучегорской НИРС: 1-й этап — выращивание от начала активного питания до первой сортировки (при массе молоди около 2 г) с 24 мая по 24 июня 2018 г., 2-й этап — выращивание молоди до средней массы 20 г (вторая сортировка и пересадка молоди в садки) с 24 июня по 6 августа 2018 г., 3-й этап — выращивание молоди до начала зимнего периода со-

Таблица 1

Температурные условия выращивания группы амурских осетровых рыб в разных хозяйствах

Table 1

Temperature conditions for growing of the Amur sturgeons at different fish farms

Этап выращивания	Сумма тепла, градусо-дней	
	Садковое хозяйство Лучегорской НИРС (ТИНРО)	УЗВ ВНИРО
Инкубация	125,5	135
Выдерживание личинок	180,0	170
От начала активного питания до 1-й сортировки	858,0	837
От 1-й сортировки до пересадки в садки	1080,0	1076
До начала зимнего периода (возраст сеголеток 0+)	1623,0	1693
До возраста годовиков	899,2	4085
Итого за 1-й год	4765,5	7996
До возраста двухлеток 1+	3600,0	3490
До возраста двухгодовиков	1258,9	3170
Итого за 2-й год	4859,0	6660
До возраста трехлеток 2+	3674,0	2770
Всего за 3 года	13298,5	17426

Таблица 2

Рыбоводные емкости для выращивания группы амурских осетровых рыб в разных хозяйствах

Table 2

Fish-breeding tanks and cages for growing of Amur sturgeons at different fish farms

Этап выращивания	Садковое хозяйство Лучегорской НИРС (ТИНРО)	УЗВ ВНИРО
Выдерживание личинок	Стеклопластиковые бассейны 2,0×2,0×0,4 м (ИЦА-2)	Полипропиленовые бассейны ∅ 1,1 м и глубиной 0,5 м
От начала активного питания до 1-й сортировки		
От 1-й сортировки до пересадки в садки		
До начала зимнего периода (возраст сеголеток 0+)	Садки из дели 4,0×2,5×1,5 м	Стеклопластиковые бассейны ∅ 2,1 м и глубиной 0,8 м
До возраста годовиков		
Итого за 1-й год		Стеклопластиковые бассейны ∅ 4,5 м и глубиной 0,9 м
До возраста двухлеток 1+		
До возраста двухгодовиков	Стеклопластиковые бассейны 2,0×2,0×0,9 м	Стеклопластиковые бассейны 2,0×2,0×0,9 м
Итого за 2-й год		
До возраста трехлеток 2+		
Всего за 3 года		

держания (с 6 августа по 19 октября 2018 г.). Содержание амурских осетровых рыб в УЗВ ВНИРО отличалось от условий Лучегорской НИРС тем, что «некондиционную» молодь после первой сортировки не уничтожали, продолжая выращивать ее совместно со средне- и крупноразмерными группами, и по достижении 20 г молодь продолжали выращивать в тех же бассейнах, что и более мелкую. В качестве реперных точек в УЗВ были взяты результаты бонитировок, близкие по датам к контрольным точкам на Лучегорской НИРС (24 мая, 20 июня, 8 августа, 18 октября 2018 г.).

При содержании рыбы в осенне-зимний период 2018–2019 гг. в садковом хозяйстве вследствие снижения температуры воды уменьшали интенсивность и рационы кормления. В УЗВ выращивание продолжали при более высокой температуре (температура воды 14,8–18,0 °С).

Температура воды в садках Лучегорской НИРС изменялась в пределах 14,5–29,0 °С (средняя 19,3 °С), а в бассейнах УЗВ — 19,0–22,0 °С (средняя 19,0 °С) при содержании растворенного в воде кислорода в среднем в течение исследованного периода 6–7 мг/л. Однако продолжительность периода активного роста в садках была почти в 2 раза короче, чем в бассейнах УЗВ (табл. 3).

Таблица 3

Температурные характеристики 2-го года выращивания осетровых рыб амурского комплекса в разных хозяйствах

Table 3

Temperature conditions in the 2nd year of the Amur sturgeons cultivation at different fish farms

Тип хозяйства	Продолжительность выращивания, сут		Сумма эффективных для роста температур, градусо-дней
	Общая	Активного роста	
УЗВ	275	275	7733
Садковое	275	170	4380

Выращивание на втором году жизни в садковых условиях разделили на 2 периода: малопродуктивный, с преобладанием низких температур воды, недостаточных для активного роста осетровых видов рыб (ниже 13 °С), по завершении которого рыбы достигают годовалого возраста, и продуктивный, в течение которого идет активный рост рыб до возраста двухлеток (1+). В УЗВ, где температура воды не зависит от климатических условий, в качестве контрольных точек для сравнения использованы данные, близкие к садковым по дате бонитировки (соответственно в мае и ноябре 2019 г.). Как и на первом году, но реже (один раз в месяц) на второй год выращивания проводили анализ распределения рыбы по массе тела для расчета норм кормления и размера кормовых частиц (гранул).

Выращивание амурских осетровых в УЗВ продолжали без сортировки по размеру, каждый вид и гибридная форма содержались в индивидуальном бассейне. Для кормления в УЗВ применяли линейку гранулированных кормов осетровой рецептуры фирмы Aller Aqua (белок 45 %, жир 15 %, перевариваемая энергия 17,5 МДж/кг, Дания), а на последнем этапе — корма ООО НПК «Аграрные технологии» (белок 48 %, жир 16 %, перевариваемая энергия 18,5 МДж/кг, Россия, г. Новосибирск) в соответствии с рационами для гранулированных осетровых кормов [Бурцев и др., 1984; Каталог..., 2012*].

В садках Лучегорской НИРС рыбу в весеннее время рассортировали на две размерные группы, которые содержали раздельно в однотипных садках площадью 10 м². Кормление осетровых рыб в период активного роста осуществляли 4 раза в сутки продукционным кормом производства ТИПРО (белок 38 %, жир 8 %, перевариваемая энергия 17,1 МДж/кг, г. Владивосток). Суточные нормы кормления в зависимости от температуры воды и массы рыбы варьировали от 3,2 до 1,8 %.

Результаты и их обсуждение

Ранние этапы выращивания (инкубация, выдерживание, переход на экзогенное питание)

Выживаемость предличинок после инкубации была немного ниже в условиях УЗВ, за исключением гибридной формы К×АО, что объясняется длительной транспортировкой развивающейся икры (более 12 ч) из садкового хозяйства. Большая продолжительность инкубации связана с более низкой температурой воды в инкубационных аппаратах УЗВ ВНИРО. Выживаемость эмбрионов АО и гибрида АО×К была выше, чем у калуги и гибрида К×АО, на обоих хозяйствах (табл. 4). Относительно низкая выживаемость калуги и гибрида К×АО позволяет предположить, что икра самок калуги, использованная для получения потомства, имела недостаточное рыбоводное качество, например вследствие недоедания производителей в межнерестовый период.

* Каталог: Корма для рыб. Aquafeed: Aller aqua, 2012. 26 с.

Таблица 4

Рыбоводно-биологические показатели выращивания чистых линий и гибридных форм амурских осетровых на Лучегорской НИРС и в УЗВ ВНИРО на ранних этапах онтогенеза

Table 4

Fish-breeding and biological indicators of the Amur sturgeons cultivation at different fish farms for early stages of ontogenesis

Показатель	Садковое хозяйство Лучегорской НИРС (ТИНРО)				УЗВ ВНИРО			
	АО	АО×К	К	К×АО	АО	АО×К	К	К×АО
<i>Инкубация</i>								
Выживаемость личинок после инкубации (35-я стадия), %	73	77	40	40	63	71	36	54
Температура инкубации, °С	16–19				13–14			
Продолжительность этапа инкубации, сут	6–8	5–7			9–11	8–10		
<i>Выдерживание личинок</i>								
Выживаемость личинок до перехода на активное питание, %	90				95,5	97,1	86,2	93,7
Температура выдерживания, °С	19–21				13,5–20,0			
Продолжительность этапа выдерживания, сут	9				7–9			
Плотность посадки на этапе выдерживания, экз./м ²	5000				2760	3270	700	1115

Выживаемость личинок до перехода на активное питание была достаточно высокой во всех вариантах скрещиваний в обоих хозяйствах. Различия в плотности посадки личинок в УЗВ в период выдерживания возникли из-за необходимости раздельного содержания потомства, представленного разным количеством особей, в емкостях стандартного размера. Однако влиянием фактора плотности на выживаемость и рост в этот период, по нашему мнению, можно пренебречь из-за отсутствия пищевой конкуренции между личинками.

Выращивание экспериментальных групп до возраста сеголеток

В течение следующего месяца (первый этап) температурные условия выращивания в обоих хозяйствах были близки, однако коэффициент массонакопления в УЗВ составил почти для всех вариантов несколько большую величину, чем в садковом хозяйстве, особенно для калуги и гибрида К×АО (табл. 5). Выживаемость молоди также была выше во всех вариантах в УЗВ. Более высокий К_м у калуги и гибрида К×АО зависел не только от биологических потенциалов быстрорастущей калуги, но и был связан с меньшей плотностью их посадки в бассейнах УЗВ.

На втором этапе выращивания наименьшую выживаемость в УЗВ имел гибрид АО×К (табл. 5), а наибольшую — амурский осетр и гибрид К×АО. Выживаемость калуги на этом этапе была близка к таковой всех вариантов молоди, выращиваемой в садковых условиях.

Плотность посадки в садках и УЗВ к концу этапа практически выровнялась (300–600 экз./м²), за исключением калуги, плотность посадки которой в бассейнах оставалась наиболее разреженной (80 экз./м²), что стало одной из причин самого быстрого роста этого вида среди рассмотренных экспериментальных групп рыб.

Величина К_м была наибольшей у калуги и гибрида К×АО в УЗВ и у гибрида АО×К в садковых условиях. Величина относительного прироста в УЗВ была выше у калуги и АО×К гибрида, а в садках — у АО, гибрида АО×К и калуги. В УЗВ наименьшую величину относительного прироста на данном этапе имели особи амурского осетра, а в садковых условиях — гибрида К×АО (табл. 5).

Таблица 5

Рыбоводно-биологические показатели выращивания чистых видов и гибридных форм амурских осетровых на Лучегорской НИРС и в УЗВ ВНИРО до сеголеток

Table 5

Fish-breeding and biological indicators of the Amur sturgeons cultivation at different fish farms for fingerlings

Показатель	Садковое хозяйство Лучегорской НИРС (ТИНРО)				УЗВ ВНИРО			
	АО	АО×К	К	К×АО	АО	АО×К	К	К×АО
<i>Первый этап</i>								
Продолжительность этапа, сут	30				26			
Температура, °С	22–24				21–23			
Выживаемость молоди, %	45				57	62	48	60
Средняя масса молоди, г	1,5	2,1	1,7	2,4	2,44 ± 0,10	2,40 ± 0,12	3,14 ± 0,21	3,44 ± 0,18
Км	0,081	0,092	0,086	0,090	0,10	0,10	0,11	0,12
Плотность посадки, тыс. шт./м ²								
– в начале этапа	2,5				2,76	3,27	0,70	1,10
– в конце этапа	1,2				1,57	2,03	0,33	0,70
<i>Второй этап</i>								
Продолжительность этапа, сут	52				54			
Температура, °С	22–26				22–24			
Выживаемость молоди, %	92				98,0	87,0	91,0	98,7
Средняя масса молоди, г	24,6	30,4	25,2	30,5	22,7 ± 1,8	37,1 ± 1,7	66,7 ± 4,1	48,0 ± 3,2
Км	0,102	0,106	0,100	0,103	0,082	0,111	0,144	0,118
Относительный прирост, %	1540	1348	1382	1171	830	1446	2024	1295
Плотность посадки, тыс. шт./м ²								
– в начале этапа	1,2				1,57	2,03	0,33	0,70
– в конце этапа	0,6 (для крупных 0,3)				0,395	0,500	0,085	0,395
<i>Третий этап</i>								
Продолжительность этапа, сут	83				82			
Температура, °С	25–14 (средняя 20)				22–24			
Выживаемость молоди, %	89,2	94,8	98,8	90,0	98,0	98,0	98,7	96,0
Средняя масса молоди, г	101,6 ± 7,4	174,4 ± 9,3	112,4 ± 5,8	141,8 ± 6,6	98,6 ± 2,8	150,3 ± 7,8	256,1 ± 13,0	183,8 ± 7,6
Км	0,063	0,089	0,068	0,075	0,065	0,072	0,084	0,075
Относительный прирост, %	313	474	346	365	334	305	284	283
С _v массы молоди, %	56,4	41,4	39,9	35,9	20	37	36	29
Плотность посадки, экз./м ² (кг/м ³)								
– в начале этапа	110 (1,5)				395 (9,9)	500 (20,6)	85 (6,3)	395 (21,0)
– в конце этапа	95 (6,5)	95 (11,0)	95 (7,1)	95 (8,9)	175 (15,5)	173 (23,4)	102 (23,6)	137 (22,5)

Примечание. Здесь и далее Км — коэффициент массонакопления; С_v — коэффициент вариации изменчивости.

На третьем этапе, несмотря на более низкую температуру воды относительно УЗВ, величины относительного прироста всех групп осетровых, за исключением АО, были

выше в садках (табл. 5). Однако изменчивость по массе тела в УЗВ оказалась существенно меньше (значения C_v ниже), несмотря на большую плотность посадки рыб, что, возможно, связано с различиями в используемых кормах в разных хозяйствах. В поддержку этого утверждения можно привести существенные различия в кормовых коэффициентах, которые для УЗВ в 2–3 раза ниже, чем для садкового выращивания (табл. 6).

Таблица 6
Затраты корма на разных этапах при выращивании осетровых до возраста сеголеток
Table 6
Feed costs of the Amur sturgeons growing to fingerlings, by stages

Этап выращивания*	Кормовой коэффициент							
	Садковое хозяйство Лучегорской НИРС (ТИНРО)				УЗВ ВНИРО			
	АО	К	АО×К	К×АО	АО	К	АО×К	К×АО
От начала активного питания до 1-й сортировки	1,5				0,70	0,50	0,60	0,53
От 1-й сортировки до пересадки в садки	2,2				0,90	0,50	0,65	0,62
До начала зимнего периода	3,46	2,86	2,56	3,38	0,80	0,50	0,63	0,60

* Названия этапов актуальны для условий Лучегорской НИРС, для УЗВ ВНИРО приведены данные, полученные в те же сроки.

Перед зимовкой характер распределения двух видов и двух гибридных форм амурских осетровых по массе тела в садковом хозяйстве не изменился. Максимальную массу имели гибриды АО×К, затем шли гибриды К×АО, калуга и АО (см. табл. 5). В УЗВ калуга по массе опережала другие потомства. Далее в порядке убывания средней массы располагались гибриды К×АО, АО×К и амурский осетр, масса которого оказалась ниже, чем в садках.

Выживаемость сеголеток к концу третьего этапа была достаточно высокой вне зависимости от способа содержания и видовой принадлежности, однако в садковых условиях выживаемость амурского осетра и гибрида К×АО оказалась почти на 10 % ниже, чем в УЗВ.

Выращивание экспериментальных групп до возраста двухлеток

Условия содержания рыб до годовалого возраста при одинаковой продолжительности сильно различались по температуре воды и кормлению.

В садковом хозяйстве температура воды на 5,5 мес. понизилась до величин менее 10 °С, что негативно отразилось на росте всех групп амурских осетровых, особенно низкие значения относительного прироста и K_m отмечены для гибридных форм (табл. 7). При этом изменчивость молоди внутри экспериментальных групп по массе тела у гибридов была ниже, чем у калуги и амурского осетра. Выживаемость калуги и гибрида К×АО в период зимнего голодания была значительно ниже, чем у амурского осетра и гибрида АО×К.

В УЗВ при средней температуре 20 °С и регулярном кормлении скорость роста (коэффициент массонакопления) всех экспериментальных групп рыб была в 4–9 раз больше, чем в садках (а относительный прирост выше в 3–15 раз). При этом изменчивость по массе тела существенно возросла только у гибрида К×АО, который по массе отдельных особей опередил калугу (табл. 7). Выживаемость калуги до годовалого возраста была наименьшей из всех мальков.

К двухлетнему возрасту, несмотря на меньшую величину относительного прироста и K_m в УЗВ, особи калуги и гибрида К×АО достигли средней массы 2,5 кг, которую можно считать приемлемой для реализации в качестве товарной продукции или использования в технологической переработке. Выживаемость этих вариантов также была достаточно высокой (табл. 7). Однако плотность посадки калуги при этом

Таблица 7

Рыбоводно-биологические показатели выращивания чистых видов и гибридных форм амурских осетровых на Лучегорской НИРС и в УЗВ ВНИРО до двухлетнего возраста

Table 7

Fish-breeding and biological indicators of the Amur sturgeons cultivation at different fish farms to the age of two-year-olds

Показатель	Садковое хозяйство Лучегорской НИРС (ТИНРО)				УЗВ ВНИРО			
	АО	АО×К	К	К×АО	АО	АО×К	К	К×АО
<i>Выращивание до возраста годовиков</i>								
Продолжительность этапа, сут	213				202			
Выживаемость, %	91,8	86,6	85,1	94,3	94,3	85,0	80,5	82,5
Средняя масса, г	160,2 ± 10,5	223,8 ± 9,8	203,8 ± 16,0	192,3 ± 10,1	450,0 ± 23,4	660,0 ± 17,3	1250,0 ± 43,2	1270,0 ± 57,3
Мин.-макс., г	60–410	76–408	52–692	52–358	220–700	380–970	760–2350	420–3000
Км	0,011	0,007	0,015	0,008	0,045	0,050	0,065	0,076
Относительный прирост, %	58	28	81	36	174	252	492	538
Сv массы молоди, %	50,7	34,0	61,1	40,9	20,9	21,9	26,4	49,5
Плотность посадки, экз./м ² (кг/м ³)	95 (10,1)	95 (14,2)	95 (12,9)	95 (12,2)	47 (21,2)	43 (28,9)	18 (21,6)	24 (31,4)
<i>Выращивание до возраста двухлеток</i>								
Продолжительность этапа, сут	184				175			
Выживаемость, %	93,4	93,8	89,9	92,1	96	90	96	98
Средняя масса, кг	0,78	1,28	0,95	1,07	1,30 ± 0,06	1,57 ± 0,05	2,80 ± 1,10	2,43 ± 1,50
Мин.-макс., кг	0,30–1,25	0,5–2,3	0,3–1,5	0,4–1,9	0,52–2,20	0,96–3,0	1,1–4,8	0,96–4,84
Км	0,061	0,078	0,064	0,072	0,056	0,050	0,057	0,045
Относительный прирост, %	386	472	366	456	189	138	124	91
Сv массы молоди, %	24,7	26,7	37,2	25,1	33,1	28,7	26,5	45,7
Плотность посадки, экз./м ² (кг/м ³)	31,5 (16,3)	34,1 (29,0)	30,3 (20,3)	24,6 (17,5)	47 (15,2)	43 (26,4)	18 (19,6)	24 (33,5)

была почти в 2 раза ниже, чем у гибридной формы, что давало ей определенные преимущества в росте.

В садковых условиях величина прироста в этот период была значительно выше, чем в УЗВ, особенно у обеих гибридных форм (табл. 7). При этом только гибрид АО×К по средней массе приблизился к показателям самой тугорослой формы для УЗВ — амурскому осетру. Выживаемость во всех вариантах скрещиваний была ниже, чем в УЗВ.

Расход корма при выращивании всех экспериментальных групп в садках был закономерно выше в 2–3 раза, чем в УЗВ, что объясняется различием используемых кормов, меньшей стабильностью температурных условий и большими потерями корма, чем в бассейнах замкнутой системы. Показательно, что в садковых условиях наименее эффективно использовали корм для роста калуга и гибрид К×АО (табл. 8), а в бассейнах УЗВ, наоборот, эти варианты продемонстрировали наименьший КК при лучшем темпе роста.

Затраты корма на разных этапах при выращивании до возраста двухлеток

Feed costs of the Amur sturgeons growing to the age of two-year-olds, by stages

Этап выращивания*	Кормовой коэффициент							
	Садковое хозяйство Лучегорской НИРС (ТИПРО)				УЗВ ВНИРО			
	АО	К	АО×К	К×АО	АО	К	АО×К	К×АО
До возраста годовиков	4,0	2,5	6,3	7,6	1,50	0,97	0,65	0,77
До возраста двухлеток	3,1	4,1	3,0	3,6	0,80	0,50	0,63	0,60

* Названия этапов актуальны для условий Лучегорской НИРС, для УЗВ ВНИРО приведены данные, полученные в те же сроки.

Выращивание экспериментальных групп до возраста трехлеток

Собственно, выращивание вариантов калуга и К×АО в УЗВ можно было прекратить на предыдущем этапе, как достигших товарной массы, однако для изучения гонадогенеза у этих рыб они были оставлены в условиях, аналогичных условиям других двух групп (АО и АО×К).

Как и на этапе выращивания двухлеток, экспериментальные группы рыб в садках на 5 мес. погрузились в зимовку, которая сопровождалась низкими температурами, практически полным отсутствием пищевой активности и, как следствие, низкими значениями прироста и К_м (табл. 9).

В этот же период в УЗВ группы амурского осетра и гибридной формы АО×К достигли средней массы 2,5 кг, т.е. стали пригодными к дальнейшей реализации в качестве товарной рыбы или к технологической переработке. Однако лидирующее положение по ростовым характеристикам сохранилось за гибридами К×АО и АО×К. У калуги К_м на этом этапе был близок аналогичным величинам этих ростовых показателей в садках (табл. 9), а относительный прирост у всех видов и гибридов был выше в садках, чем в УЗВ.

Выращенные в садках трехлетки обеих гибридных форм и калуги достигали средней массы 2,5 кг и максимальной — 4,0 кг, переходя в разряд товарной рыбы. Средняя масса особей амурского осетра составила в этом возрасте только 1,6 кг.

В УЗВ при более низкой плотности посадки распределение по массе тела в экспериментальных группах сохранилось. Лидирует К×АО гибрид, почти в 3 раза превышающий по массе аналогичных особей, выращенных в садках. Далее в порядке убывания следуют калуга, гибрид АО×К и амурский осетр (табл. 9).

Выживаемость всех вариантов в обоих хозяйствах оставалась достаточно высокой (95–98 %).

Интересно, что в садковых условиях наибольшей средней массой тела обладали трехлетки калуги и гибрида АО×К, а в УЗВ — калуга и гибрид К×АО. Вероятно, наблюдаемые различия связаны с температурными условиями выращивания. Чередование теплых и холодных периодов в садковом выращивании и создание постоянного температурного оптимума в УЗВ позволили гибридам по-разному реализовать свой ростовой потенциал.

Другим интересным различием разных технологий выращивания стала сравнительно более низкая изменчивость особей по массе тела внутри каждой экспериментальной группы в УЗВ до годовалого возраста, хотя сортировок в процессе содержания не проводили, и более высокие значения С_v в садковых условиях с сортировками возрастных групп до и после зимовки.

Сравнительный анализ выживаемости и темпа роста видов и гибридных форм у осетровых рыб амурского комплекса в разных условиях позволяет отметить определенные различия между этими группами рыб.

Таблица 9

Рыбоводно-биологические показатели выращивания чистых видов и гибридных форм амурских осетровых на Лучегорской НИРС и в УЗВ ВНИРО до трехлетнего возраста

Table 9

Fish-breeding and biological indicators of the Amur sturgeons cultivation at different fish farms to the age of three -year-olds

Показатель	Садковое хозяйство Лучегорской НИРС (ТИНРО)				УЗВ ВНИРО			
	АО	АО×К	К	К×АО	АО	АО×К	К	К×АО
<i>Выращивание до возраста двухгодовиков</i>								
Продолжительность этапа, сут	184				197			
Выживаемость, %	98,4	98,6	97,7	94,9	98	98	95	96
Средняя масса, кг	0,915 ± 0,025	1,380 ± 0,040	1,240 ± 0,050	1,180 ± 0,042	2,65 ± 0,04	3,44 ± 0,07	4,18 ± 0,15	5,10 ± 0,16
Мин.-макс., кг	0,40–1,40	0,55–2,05	0,35–2,25	0,54–1,80	1,70–3,49	2,20–4,75	1,40–7,10	2,40–8,10
Км	0,008	0,004	0,015	0,006	0,044	0,053	0,031	0,057
Относительный прирост, %	18	8	31	10	104	119	48	110
Св массы молоди, %	16,0	18,6	24,6	20,3	11,4	16,9	31,3	26,1
Плотность посадки, экз./м ² (кг/м ³)	36 (21,9)	36 (33,1)	36 (29,7)	36 (28,3)	7 (19,2)	5 (20,3)	4 (22,5)	4 (21,8)
<i>Выращивание до возраста трехлеток</i>								
Продолжительность этапа, сут	174				147			
Выживаемость, %	95,5	97,2	95,0	93,8	99	98	95	97
Средняя масса, кг	1,570 ± 0,100	2,650 ± 0,073	2,680 ± 0,080	2,510 ± 0,100	3,30 ± 0,11	5,48 ± 0,41	6,60 ± 0,44	7,40 ± 0,31
Мин.-макс., кг	0,75–3,0	1,50–4,20	0,85–4,30	1,30–4,10	1,3–6,5	2,1–10,1	4,3–12,1	4,8–10,5
Км	0,033	0,046	0,054	0,052	0,021	0,052	0,054	0,046
Относительный прирост, %	72	92	116	113	25	59	58	45
Св массы молоди, %	23,2	22,5	28,5	26,4	24,3	35,1	29,8	20,3
Плотность посадки, экз./м ² (кг/м ³)	33 (34,5)	22 (38,8)	22 (39,3)	22 (36,8)	6 (28,86)	5 (23,60)	4 (27,30)	4 (32,40)

Выживаемость одинаковых видов и гибридных форм осетровых была выше в эмбриональный период развития в условиях садкового хозяйства, что, как отмечалось выше, можно объяснить влиянием длительной транспортировки развивающейся икры в УЗВ.

Практически на всех стадиях выращивания, за исключением годовалого возраста, выживаемость гибрида К×АО была выше в УЗВ, в отличие от калуги, которая в УЗВ

имела худшую выживаемость, чем в садковых условиях (исключения — молодь массой 2–3 г и двухлетки) (рис. 1). Полученный результат может быть объяснен большей требовательностью калуги к размерам емкостей, садки имели большую площадь и глубину, чем бассейны, а плотность посадки калуги в обоих хозяйствах была одинаковой и, как правило, ниже, чем у гибрида К×АО.

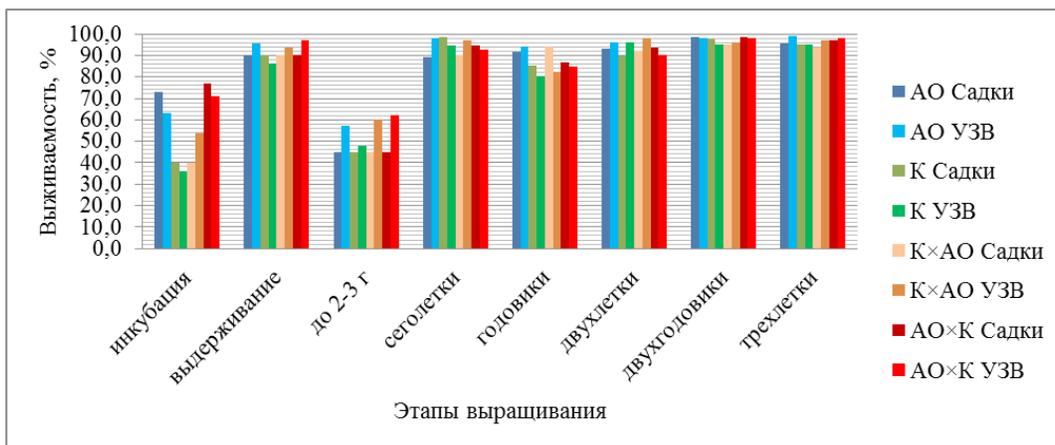


Рис. 1. Выживаемость осетровых рыб амурского комплекса и их гибридов в условиях садкового хозяйства и УЗВ

Fig. 1. Survival of the Amur sturgeons cultivated in cages and tanks with water recirculation

В паре амурский осетр и АО×К выживаемость чистого вида была выше в УЗВ, а гибрида — в садковых условиях (рис. 1).

По мере возрастания жизнеспособности в садковых условиях исследуемые объекты можно расположить, начиная от эмбрионов, в следующей последовательности: худшая выживаемость у калуги — 10,5 %, немного выше у гибрида К×АО — 11,5 %, далее идет амурский осетр — 19,5 %, самая высокая выживаемость у гибрида АО×К — 21,2 %.

В УЗВ по возрастанию выживаемости те же объекты расположились в следующем порядке: калуга (9,3 %), К×АО (21,7 %), АО×К (26,8 %), амурский осетр (28,9 %). Эффект гетерозиса по выживаемости, как в садковых условиях, у гибрида АО×К в УЗВ не отмечен, показатели гибридов четко укладываются между показателями родительских видов.

Темп роста, оцененный через коэффициент массонакопления, также различался для одинаковых видов и гибридных форм в разных условиях содержания. В течение первого года выращивания в садковых условиях преимущество в росте имели гибридные формы АО×К и К×АО, чистые виды заметно отставали (рис. 2).

В УЗВ наибольшим массонакоплением характеризовалась калуга, Км был выше, чем в садковых условиях. Далее в порядке убывания шли гибридные формы К×АО и АО×К. Наименьшее массонакопление было у особей амурского осетра (рис. 2).

К концу второго года выращивания в садках двухгодовики калуги имели наибольшее значение Км, более полно реализовав потенции роста, чем на первом году выращивания. В УЗВ наибольший Км имели гибриды К×АО и АО×К.

На третьем году выращивания в садковых условиях, как и в бассейнах УЗВ, наибольшее массонакопление отмечено у калуги. Высокий прирост по массе тела имели в УЗВ — гибрид АО×К, а в садках — гибрид К×АО. Массонакопление амурского осетра было выше в садковых условиях, чем в УЗВ.

К осени третьего года выращивания средняя масса особей гибрида АО×К и амурского осетра в УЗВ превысила аналогичную массу в садках в 2,0 раза, калуги — в 2,5 раза, гибридной формы К×АО — в 3,0 раза. Лучшие ростовые данные в садковых условиях были у калуги и гибридной формы АО×К, а в УЗВ — у гибридной формы К×АО и калуги.

Таким образом, среди чистых линий амурских осетровых и их гибридов, выращенных в эксперименте, по интегральному комплексу основных рыбоводных показателей — массе

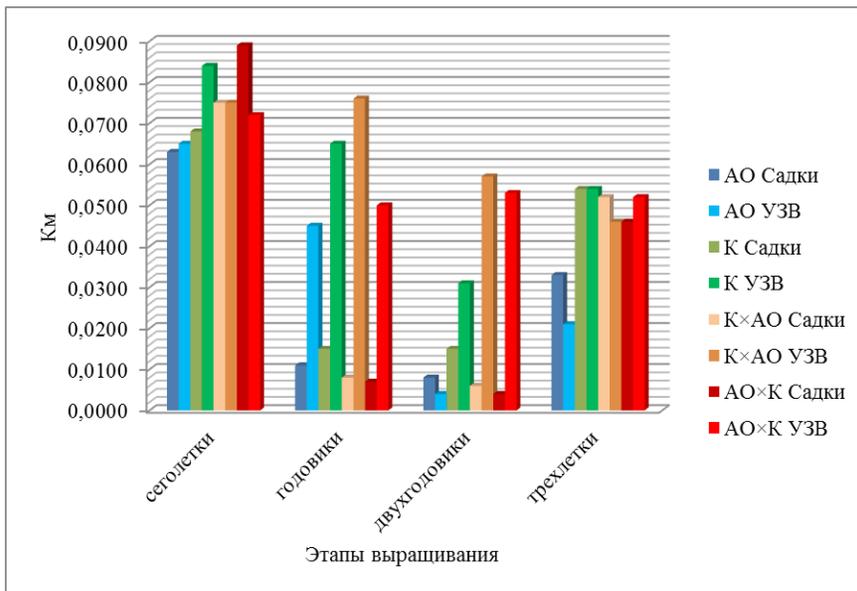


Рис. 2. Изменение величины коэффициента массонакопления (Км) при выращивании осетровых рыб в УЗВ и садковом хозяйстве

Fig. 2. Dynamics of weight accumulation coefficient (Kм) during cultivation of the Amur sturgeons in cages and tanks with water recirculation

тела сеголеток, выживаемости и кормовым затратам на прирост — в садках лучше всего проявила себя гибридная форма АО х К, а в бассейнах УЗВ — К×АО.

Заключение

Различия в выживаемости видов и гибридных форм амурских осетровых рыб наиболее ярко проявляются к концу первого года выращивания их в УЗВ. В садковых условиях более четкие различия по выживаемости между теми же рыбами заметны только после первой зимовки.

Трехлетнее выращивание в УЗВ амурского осетра, калуги и реципрокных гибридов между ними позволяет получить рыбу товарной массой 2,5–3,0 кг. В случае с калугой и гибридной формой К×АО товарная масса достигается большинством особей уже к середине второго года выращивания.

При выращивании в садках только калуга и гибрид АО×К в трехлетнем возрасте достигают необходимой товарной массы.

С учетом выживаемости, темпа роста, плотности посадки и кормовых затрат более перспективно выращивать в садках калугу и форму АО×К, а в УЗВ — обе гибридные формы (К×АО и АО×К).

Благодарности

Авторы благодарны рецензентам за ценные замечания, которые были учтены при подготовке статьи к печати.

Финансирование работы

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.

Соблюдение этических стандартов

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены. Библиографические ссылки на

использованную в работе литературу оформлены в соответствии с правилами данного издания.

Информация о вкладе авторов

А.С. Сафронов — планирование и проведение экспериментов, сбор, обработка и систематизация полученных данных, редактирование и подготовка окончательного варианта статьи; С.В. Зуевский, О.П. Филиппова — проведение экспериментов, сбор, обработка и систематизация полученных данных, редактирование; Е.И. Рачек — планирование и проведение экспериментов, сбор, обработка и систематизация полученных данных, редактирование и подготовка окончательного варианта статьи; Д.Ю. Амвросов — обеспечение проведения экспериментов, контрольные взвешивания, бонитировки.

Список литературы

Баранов С.А., Резников В.Ф., Стариков Е.А., Толчинский Г.И. Основные уравнения роста биологических объектов // Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР. — М. : Наука, 1979. — С. 156–168.

Бурцев И.А., Смольянов И.И., Гершанович А.Д., Николаев А.И. Методические указания по формированию и эксплуатации маточных стад сибирского осетра. — М. : ВНИРО, 1984. — 23 с.

References

Baranov, S.A., Reznikov, V.F., Starikov, E.A., and Tolchinskiy, G.I., Basic equations of the growth of biological objects, in *Biologicheskie resursi vnutrennich vodoemov SSSR* (Biological resources of internal water bodies of the USSR), Moscow: Nauka, 1979, pp. 156–168.

Burtsev, I.A., Smolyanov, I.I., Gershanovich, A.D., and Nikolaev, A.I., *Metodicheskie ukazaniya po formirovaniyu i expluatacii matochnich stad sibirskogo osetra* (Guidelines for the formation and operation of Siberian sturgeon broodstock), Moscow: VNIRO, 1984.

Katalog: Korma dlya ryb (Catalog: Food for fish), Aquafeed: Aller aqua, 2012.

Поступила в редакцию 1.10.2021 г.

После доработки 18.10.2021 г.

Принята к публикации 30.11.2021 г.