

УДК 639.3.032:639.371.2

Характеристика гибридов осетровых рыб на основе бестера, культивируемых в установке замкнутого водоснабжения (УЗВ)

*А.С. Сафронов, О.П. Филиппова, С.Е. Зуевский,
И.В. Бурлаченко, М.А. Ёжкин, К.В. Суховер*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: maricul@vniro.ru

Полученные межвидовые гибриды осетровых рыб между бестером и севрюгой, и между бестером и русским осетром выращивались в УЗВ в течение года. Исследования проводились в 2015–2016 гг. в УЗВ экспериментального рыбоводного комплекса (ЭРК) ВНИРО. Гибрид между бестером и русским осетром опережает родительские формы по темпу роста. Остаётся открытым вопрос о стерильности самцов этого гибрида, т. к. были обнаружены особи, с гонадами на стадии зрелости I–II, которые развивались по самцовому типу. У данного гибрида наблюдалась высокая изменчивость особей по массе тела. Гибрид между бестером и севрюгой — по темпу роста опережает севрюгу, сохраняя с ней морфологическое сходство. Гибрид является фертильным, т. к. обнаружены самки и самцы с правильным развитием гонад. Оогенез гибрида протекает быстрее, чем у севрюги в аналогичных условиях содержания. Опыт выращивания межвидовых гибридов осетровых на основе бестера, с использованием чистых видов для улучшения показателей роста и фенотипа, на основании полученных рыбоводно-биологических показателей, позволяет рекомендовать их в качестве полноценной замены русского осетра и севрюги, с целью получения товарной рыбы в условиях тепловодных хозяйств.

Ключевые слова: осетровые рыбы, гибрид, бестер, установка замкнутого водоснабжения, контролируемые условия, созревание, ооциты.

ВВЕДЕНИЕ

По сравнению с другими отраслями животноводства, в рыбоводстве использованию межвидовых гибридов благоприятствует возможность лёгкого скрещивания близких видов рыб, методическая простота искусственного осеменения и чрезвычайно высокая плодовитость рыб, что позволяет получать массовое количество гибридов от небольшого числа производителей, не нанося при этом ущерб воспроизводству популяций родительских видов

[Николюкин, 1970; Бурцев, 2015]. Традиционно, использование межвидовых гибридов в рыбном хозяйстве ведётся в целях:

- повышения продуктивности рыбоводных хозяйств за счет выращивания гетерозисных гибридов первого поколения;
- выведения новых пород (синтетическая селекция).

Межвидовые гибриды сохраняют хозяйственно полезные свойства родительских видов, выращивание которых в искусственных усло-

виях имеет низкую эффективность (как например севрюги).

Цель данной работы заключалась в создании гибридов с повышенной продуктивностью (темп роста и выживаемость) на основе севрюги *Acipenser stellatus* (Pall., 1771) и русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Brandt, 1833) путем скрещивания их с традиционным объектом товарного осетроводства — бурцевской породой бестера *Huso huso* (L., 1758) × *Acipenser ruthenus* (L., 1758), что в дальнейшем позволит заменить чистые виды в аквакультуре на гибриды, с сохранением их товарных качеств.

Выращивание севрюги в аквакультуре в силу ряда специфических особенностей представляет собой более сложный технологический процесс, чем аналогичное содержание сибирского осетра и бестера. Севрюга более требовательна к составу рациона и нормам кормления, температуре воды, плотности посадки. В последние 10–15 лет работы по ее выращиванию проводятся в незначительных объемах в связи с острым дефицитом производителей и небольшой численностью этого объекта в ремонтно-маточных стадах, содержащихся в условиях предприятий с проточной системой водоснабжения.

Производители севрюги очень чувствительны к стрессовым факторам, неизбежным при отлове, транспортировке, а также содержанию в искусственных условиях (бассейнах, садках), поэтому, положительные результаты при создании ремонтно-маточных стад в условиях товарных хозяйств возможны только путем формирования их с раннего возраста — от личинок или молоди, выращенных на искусственных кормах.

Необходимо учитывать важную отличительную особенность биологии севрюги в сравнении с другими осетровыми рыбами. Она в поисках корма осваивает практически весь водный объем, в то время как другие осетровые предпочитают придонные участки. Высокая подвижность севрюги в возрасте 3–4 лет приводит к частым повреждениям хорды при ударах рыбы о стенки бассейна, что в дальнейшем ведёт к искривлению тела и параличу. В садках севрюга так же интенсивно травмируется при обьячеивании, что вызыва-

ет потёртости, воспаления и искривления тела, приводящие к летальному исходу.

Путём скрещивания севрюги с бестером возможно решить основные биологические проблемы, присущие «чистой» севрюге — снизить подвижность и прогонистость рыб, минимизировав травматизм, как результат ограничения пространства при выращивании. В то же время, полученный гибрид морфологически будет сходен с севрюгой, сохранив её ценные качества в переработке (копчении и солении).

Основная проблема выращивания русского осетра в аквакультуре — сравнительно низкий темп роста, что делает его неконкурентным при производстве товарной рыбы. Скрестив русского осетра с бестером, планируется получить гибрид с высоким темпом роста, морфологически близкий к русскому осетру.

При гибридизации севрюги и русского осетра с бестером планируется использовать в скрещиваниях самцов вышеозначенных видов. Это позволяет, при необходимости, ежегодно и в более ранние сроки закладывать очередную генерацию потомства, т. к. самцы созревают на 3–4 года раньше самок, продуцируют половые продукты практически каждый год, и их легче транспортировать на длительные расстояния, при отсутствии у хозяйства собственных зрелых самцов. Кроме того, использование русского осетра и севрюги в качестве отцовского вида, позволяет экономить ценный генетический материал — зрелых самок этих видов, для получения потомства в целях воспроизводства.

Выбор бестера в качестве материнского объекта гибридизации был не случаен. Являясь межвидовым гибридом отдалённых в биологическом смысле родственников — белуги и стерляди, впервые полученный в 1952 г. Саратовским отделением ВНИРО [Николюкин, Тимофеева, 1953], бестер унаследовал от родительских видов и сохраняет на протяжении пяти поколений возможность широкой пищевой адаптации, от хищника до типичного бентосояда. Кроме того, он имеет чрезвычайно высокую эвритермность в пределах от 2 до 30 °С, что особенно ценно при скрещивании с теплолюбивыми русским осетром и севрюгой. Производители бестера могут содер-

жаться в бассейнах с ограниченной площадью до 9 м², в пределах температурного оптимума 20–25 °С и созреть при этом в возрасте 5–6 лет.

Сочетание всех вышеперечисленных качеств позволяет получить плодovitых, технологичных гибридов, таких как бестер × севрюга (БС×Севр.) и стерильных, с высоким темпом роста гибридов — бестер × русский осётр (БС×РО).

Методика

Работы по выращиванию межвидовых гибридов осетровых (БС×РО и БС×Севр.), полученных в 2015 г., проводили в течение 2015–2016 гг. в условиях экспериментального рыбоводного комплекса (ЭРК) ФГБНУ «ВНИРО» — рециркуляционной системы с суточным добавлением свежей воды 10–12%. Использование УЗВ для выращивания гибридов позволило исключить непродуктивный период зимовки, что существенно сократило время выращивания рыбы до товарной массы. Поскольку температурный фактор был стабилен на протяжении всего выращивания (средняя температура составляла 19 °С), продолжительность выращивания показана в сутках.

Условия выращивания гибридов были идентичны, использовались гранулированные корма для осетровых фирмы Sorrens с рецептурой: сырой протеин 56%, сырой жир 15%.

Гидрохимические показатели при выращивании в бассейнах УЗВ были следующими: рН 7,21–7,78; NH₄-N: 0,14–0,33 мг/л; NO₂-N: 0,04–0,11 мг/л; PO₄-P: 0,58–1,86 мг/л. Повышенное содержание фосфатов свидетельствовало о загрязнённости биофильтра при отсутствии флотационной системы для удаления взвешенного осадка.

В качестве критериев рыбоводно-биологической оценки выращиваемых рыб использовали выживаемость и темп роста. Измерение молодки проводили по общепринятой методике [Правдин, 1966]. Определяли: зоологическую длину и массу рыбы. Размер выборки составлял не менее 40 экз. в каждой гибридной группе. Измерения и взвешивания выполнялись периодически, каждые 30 дней. Рост молодки оценивали по изменению коэффициента массонакопления [Баранов и др., 1979].

Статистическую обработку данных проводили с использованием прикладной программы Microsoft Office Excel 2003. Вычисляли среднюю величину выборки (M), ошибку средней (m), коэффициент вариации (Cv).

Полученные данные по выживаемости и росту гибридов сравнивали с аналогичными данными, полученными при выращивании родительских видов в условиях УЗВ: севрюги на Можайском производственном экспериментальном рыборазводном заводе (МПЭРЗ) ФГБУ «Мосрыбвод» [Бубунец и др., 2010], русского осетра на Научно-экспериментальной базе НЭБ «БИОС» ФГБНУ «КаспНИРХ» [Технологии и нормативы ..., 2006], бестера F₄ — при выращивании в условиях установки ЭРК ФГБНУ «ВНИРО».

Для гистологического анализа были произвольно отобраны 15 экз. гибрида между бестером (БС — материнская форма) и севрюгой (Севр. — отцовская форма), а также 15 экз. гибрида между БС (материнская форма) и русским осетром (РО — отцовская форма). У исследованных гибридов БС×Севр и БС×РО при вскрытии определяли половую принадлежность и ориентировочную стадию зрелости гонад, затем проводили морфологическую оценку состояния гонад [Бурцев и др., 1999], а также измеряли общую массу, длину и индексы: печени (ГПИ), селезёнки (ИС), гонад (ГСИ) [Шварц и др., 1968]. Стадии зрелости гонад уточняли на основании данных гистологии, ориентируясь на их описание [Шилов, 1964; Дюжиков, Серебрякова, 1964].

При проведении гистологических исследований руководствовались стандартными методиками [Роскин, Левинсон, 1957]. Гистологическую проводку материала зафиксированного в 4%-ном формальдегиде проводили через автомат карусельного типа модели SNP-120 для последовательной дегидратации в спиртах восходящей концентрации (ксилале и этаноле). Заливку материала в парафин осуществляли на заливочной станции ЕС-350. Срезы толщиной 5 микрон получали на санном полуавтоматическом микротоме НМ 440Е. Готовые срезы окрашивали квасцовым гематоксилином по Эрлиху с докраской эозином [Ромейс, 1954]. Для фотографирования микропрепара-

тов использовали компьютерную установку: микроскоп Olympus с автоматической видеокамерой Leica DC-100, программу DC Viewer. На гистологических срезах измеряли диаметры ооцитов и ядер, используя программу анализа изображений «Image J». Поскольку в процессе гистологической обработки происходит обезвоживание и уменьшение средних диаметров ооцитов рыб до 25%, использовали коэффициент пересчёта [Филишова и др., 2015; Piyanova et al., 2015]. Статистическая обра-

ботка материала выполнена с использованием прикладной программы Microsoft Office Excel 2003.

При выполнении гистологических исследований руководствовались сравнительными материалами, полученными как на Экспериментальном рыбоводном комплексе ФГБНУ «ВНИРО» в 2015–2016 гг., так и ранее в 2014 году при проведении экспериментальных работ по выращиванию севрюги в УЗВ.

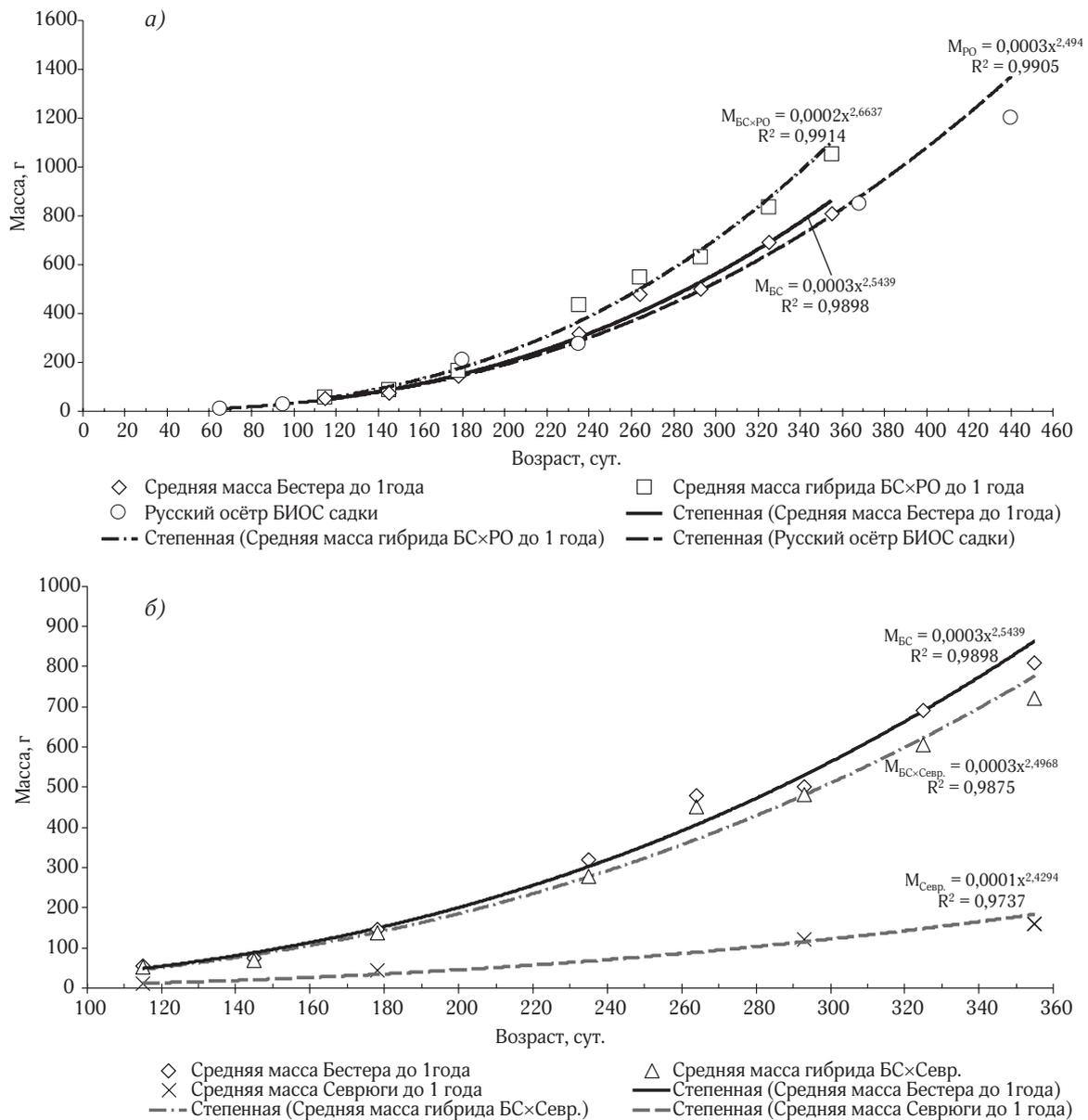


Рис. 1. Рост осетровых видов и их гибридов до 1 года:

а — рост бестера, русского осетра и гибрида BC×PO; б — рост бестера, севрюги, и гибрида BC×Севр.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рыбоводно-биологическая характеристика межвидовых гибридов осетровых рыб первого года выращивания в УЗВ

1. *Рост.* Рост средней массы родительских видов осетровых в бассейнах УЗВ при соответствующей величине достоверности аппроксимации описывается формулами: бестера: $M_{BC} = 0,0003 x^{2,5439}$, русского осётра: $M_{PO} = 0,0003 x^{2,494}$, севрюги: $M_{Севр.} = 0,0001 x^{2,4294}$. А их гибридов: БС×РО: $M_{BC \times PO} = 0,0002 x^{2,6637}$, БС×Севр.: $M_{BC \times Севр.} = 0,0003 x^{2,4968}$; где M — масса осетровых в граммах, а x — возраст рыб в сутках.

Из приведённых графиков (рис. 1) видно, что наибольший рост массы тела годовиков осетровых был у гибрида БС×РО, затем у БС, РО, БС×Севр и наименьший был у севрюги.

2. *Выживаемость.* Достаточно высокий уровень фосфатов в период выращивания не оказал существенного влияния на жизнеспособность исследуемых гибридов. В сравнении с БС F_4 в контрольной группе, выживаемость гибрида БС×Севр. составила 95%, а БС×РО более низкий — 88% (рис. 2).

Возможно, этот результат получен из-за совместного выращивания гибридов в одной ёмкости и отсутствия сортировки на разные размерные группы. Элиминация мелкой группы гибрида БС×Севр. произошла в раннем возрасте (до 3-х мес), в то время как у гибри-

да БС×РО мелкие особи встречались в возрасте 12–13 мес и более, и высокая смертность объясняется их постепенной гибелью. В пользу этого предположения свидетельствует сравнительное распределение гибридов по массе тела (рис. 3), которое наглядно демонстрирует наличие у гибрида БС×РО двух разноразмерных групп особей (2 вершины графика), в отличие от гибрида БС×Севр., имеющего нормальную одновершинную кривую распределения особей по массе тела.

Результаты выращивания экспериментальных гибридов осетровых на первом году жизни в условиях УЗВ показали, что на всех этапах гибрид БС×РО опережал материнскую форму (БС) и гибрид БС×Севр. Гибрид БС×РО оправдал прогнозы на получение быстрорастущей формы, внешне похожей на русского осетра окраской и формой тела (рис. 4 а, б), но опережающий его по темпу роста (рис. 1).

Как видно из диаграммы, масса тела гибрида БС×РО оказалась не только выше, чем у русского осетра в этом же возрасте, но и выше, чем у БС, что объясняется эффектом гетерозиса (рис. 5).

Однако обязательным условием при выращивании данного гибрида в течение первого года является регулярная сортировка, т. к. гибрид БС×РО имеет высокую изменчивость по массе тела (Cv больше 30%), что отражено в таб. 1.

Если не проводить регулярный отбор мелких особей и отдельное их выращивание, то

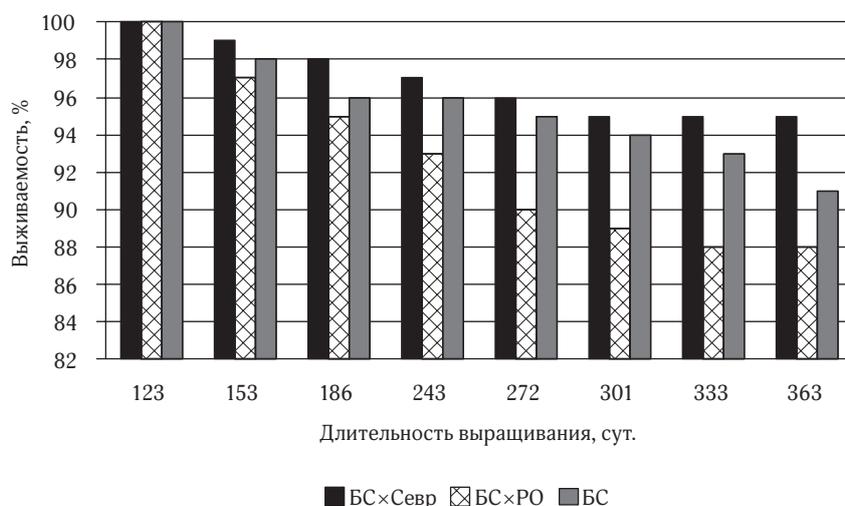


Рис. 2. Выживаемость экспериментальных гибридов осетровых при выращивании в УЗВ

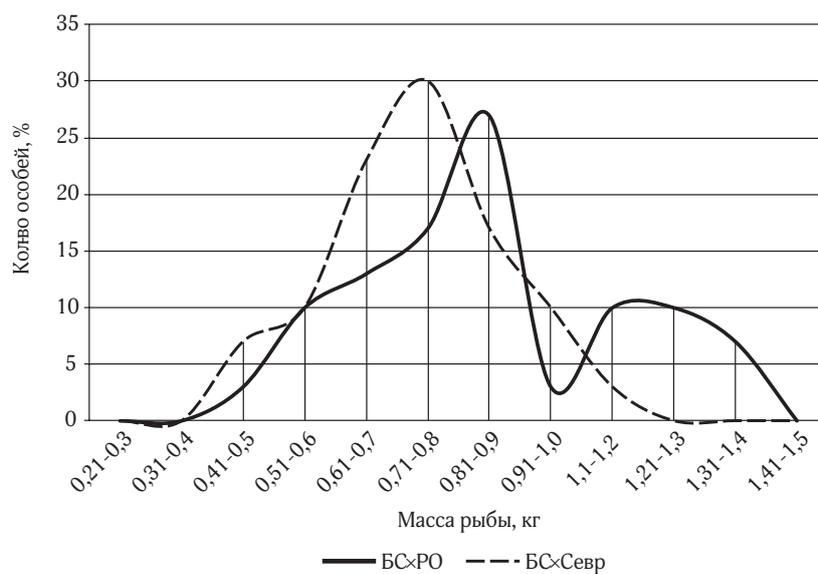


Рис. 3. Распределение экспериментальных гибридов осетровых по массе тела после 12 месяцев выращивания в УЗВ



Рис. 4. Самец гибрида BCxPO после 333 дней выращивания в УЗВ: вид сверху (а), вид снизу (б), масса рыбы — 470 г, L — 42 см.

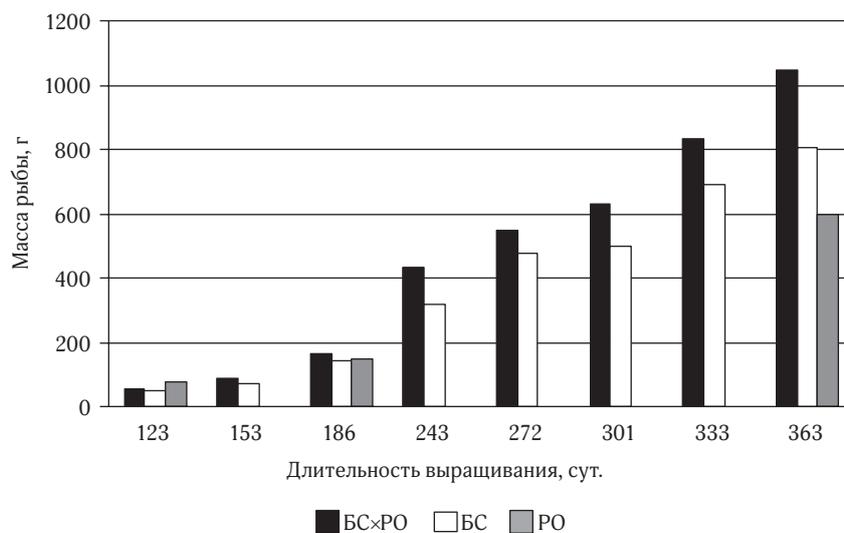


Рис. 5. Изменение массы тела межвидового гибрида осетровых BCxPO в сравнении с родительскими формами при содержании в УЗВ

Таблица 1. Характеристика массы разновозрастной молоди гибрида между бестером и русским осетром при выращивании в УЗВ

№ п/п	Статистические параметры	Масса рыбы при разной продолжительности выращивания, г		
		123 сут	186 сут	363 сут
1	$M \pm m$	58,5,7±3,8	167,8±12,49	1050,2±66,44
2	Min-max	17,0–98,0	38,0–296,2	570–1580,0
3	Δ	21,35	68,39	332,18
4	$C_v, \%$	36,5	40,76	31,63



а)

б)

Рис. 6. Самка гибрида БС×Северюга после 333 суток выращивания в УЗВ: вид сверху (а), вид снизу (б), масса рыбы — 82 г, L — 36 см.

они погибают от истощения из-за недостатка корма, что приводит к повышенному отходу и снижению рыбопродуктивных показателей.

Гибрид БС×Север. по результатам выращивания так же отвечает заявленным показателям. Он внешне мало отличается от чистой северюги (рис. 6 а, б и 7 а, б), а по темпу роста опережает её, уступая БС. Самцов от самок в этом возрасте также невозможно отличить по внешним признакам

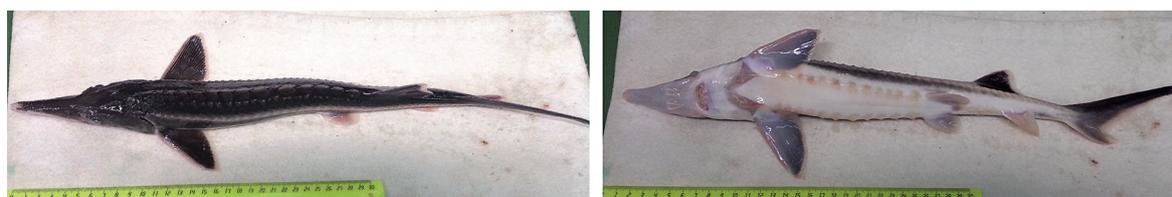
Гонадо-соматический индекс у самок и самцов почти прямо пропорционально зависит от массы тела и в этом возрасте различия и варьирование по массе гонад между самцами и самками незначительное. Кaudальная часть гонад самцов развивается не всегда симметрично и одинаково. Гонады самок имеют практически одинаковую

длину и ширину, как в каудальной и краниальной, так и в средней части. Соотношение жировой и генеративной ткани составляет 1:1. Длина гонад составляет от 10 до 15 см (рис. 8 а, б).

Изменчивость массы этого гибрида ниже, чем БС×РО (рис. 9), что позволяет при выращивании его реже проводить сортировки (табл. 2 и 3).

На всех этапах выращивания изменчивость по массе тела гибрида между БС и русским осетром выше, чем у БС с северюгой, что связано с несколько большей интенсивностью массонакопления (рис. 10).

Гистологическая характеристика межвидовых гибридов осетровых рыб первого года выращивания в УЗВ. У осетровых, как и многих других рыб, дифференцировка пола досто-



а)

б)

Рис. 7. Самец гибрида БС×Север. после 333 суток выращивания в УЗВ: вид сверху (а), вид снизу (б), масса рыбы — 221 г, L — 46 см.



Рис. 8. Гонады гибрида БС×Севр. в возрасте 1 года:

а — яичники II стадии зрелости, масса — 0,25 г.; б — семенники II стадии зрелости, масса — 0,37 г.

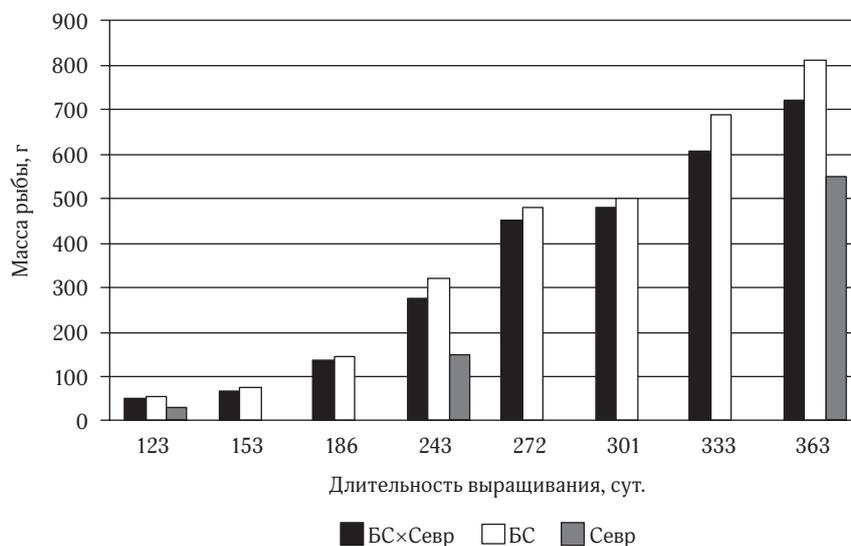


Рис. 9. Изменение массы тела межвидового гибрида осетровых БС×Севр. в сравнении с родительскими формами при содержании в УЗВ

Таблица 2. Характеристика массы разновозрастной молоди гибрида между бестером и севрюгой при выращивании в УЗВ

№ п/п	Статистические параметры	Масса рыбы при разной продолжительности выращивания, г		
		123 сут	243 сут	363 сут
1	M±m	51,7±2,23	277,7±20,6	720,0±32,51
2	Min-max	32,0–96,0	140,0–550,0	390–1100,0
3	δ	12,25	112,85	162,58
4	Cv,%	23,7	27,4	22,58

верно может быть установлена лишь с того момента, когда появляются показатели развития в женском направлении [Персов, 1971]. Анатомическая и цитологическая дифференцировка гонад наступают одновременно. Первая наступает раньше и выражается в изменении структуры органа. Анатомическая дифференцировка

пола у осетровых, происходит обычно у самок русского осетра в возрасте 7 мес, у стерляди — в 3,5 мес [Ахундов, Фёдоров, 1990, 1991]. Появление первых ооцитов ранней профазы мейоза характеризует начало этапа цитологической дифференцировки пола в женском направлении, а формирование ампул — в мужском.

Таблица 3. Изменчивость межвидовых гибридов осетровых в течение первого года выращивания в УЗВ

Длительность выращивания, сут	Изменчивость межвидовых гибридов осетровых (Cv), %			
	BC × PO		BC × Севр.	
	по длине	по массе	по длине	по массе
123	12,6	36,5	7,2	23,7
153	6,3	22,9	16,1	30,6
186	11,9	40,7	6,2	23,9
243	7,7	40,6	9,8	27,4
272	8,2	38,6	7,19	33,7
301	9,4	36,7	10,3	31,9
333	10,0	34,1	9,9	31,7
363	11,6	31,6	10,5	22,6



Рис. 10. Изменение коэффициента массонакопления у межвидовых гибридов осетровых при выращивании в УЗВ

Анатомическая и цитологическая дифференцировка гонад наблюдалась у бестера, выращиваемого в прудах, в течение лета второго года жизни [Чиркина, 1960]. Регулируемая температура 22–23 °С сократила у бестера первого поколения продолжительность индифферентного периода развития гонад и привела к дифференцировке половых желёз 9-ти месячной молоди в 70% случаев [Астафьева, 2011].

В условиях УЗВ ФГБНУ «ВНИРО» бестер второго-четвёртого поколений в возрасте одного года находился, как правило, на II стадии зрелости — как самцы, так и самки.

Гаметогенез и половое созревание севрюги. Большинство самок севрюги к пяти-

летнему возрасту, при выращивании в УЗВ МПЭРЗ, перешло на II стадию зрелости гонад, набрав при этом 36200 градусо-дней. А на тепловодном хозяйстве при Краснодарской ТЭЦ, с температурным режимом аналогичным УЗВ, самки севрюги, содержащиеся в летний период в прудах, а в зимний в садках — созревали в возрасте 5–7 лет [Чебанов и др., 2004]. Проведённый гистологический анализ яичников показал, что все обследованные самки находятся на второй стадии зрелости в процессе интенсивного накопления жира в гонадах. На этой стадии вся яйценосная пластина заполнена ооцитами цитоплазматического роста, также присутствуют оогонии. Средний диаметр ооцитов составил

от 133,75 мкм, max — 244 мкм, min — 46 мкм (рис. 11а). В центральной части ядра можно видеть хроматиновые образования наподобие «ламповых щёток». Крупные ядрышки располагаются по периферии ядра, а мелкие разбросаны по всей площади ядра. Под оболочкой ооцитов накапливаются дейтоплазматические включения (жир). На рис. 11б представлена микрофотография ооцита самки севрюги в возрасте 4+. Диаметр ядра составляет 27,9% от диаметра ооцита или ооцит превышает ядро в 3,58 раза. Средний диаметр жировых вакуолей составляет 7,9 мкм. К этому возрасту вителлогенез в ооцитах ещё не начался.

Созревание первых самцов севрюги в УЗВ на МПЭРЗ произошло при общей сумме тепла 25400 градусо-дней в возрасте 3,6—4 года, а по данным, приведённым М.С. Чебановым с соавторами [2004], в тепловодном хозяйстве при Краснодарской ТЭЦ в возрасте 3—4 года. Состояние гонад на гистологических срезах (рис. 12а) свидетельствует о нормальном прохождении стадий сперматогенеза. Массовое созревание самцов (около 50%) произошло в пятилетнем возрасте с суммой тепла 29000 градусо-дней (рис. 12б).

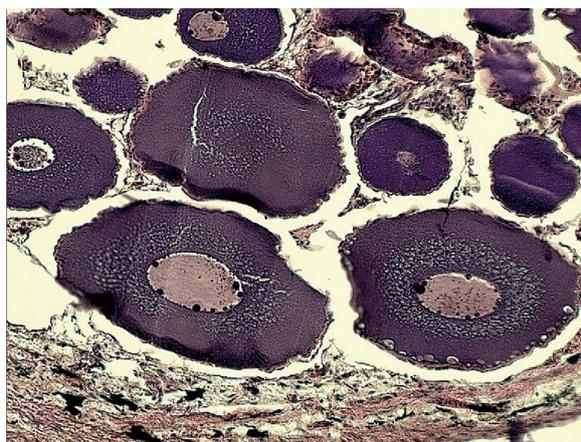
Гаметогенез и половое созревание гибрида БС×Севр. Из исследованных особей гибрида — 60% оказались самками на второй стадии зрелости со средним диаметром оо-

цита 96,1 мкм, max — 153 мкм, min — 49,5 мкм (6500 градусо-дней). Средний диаметр ядер 32,23 мкм, max — 43,46 мкм, min — 11,4 мкм. Яйценосные пластины яичника у них были полностью заполнены ооцитами цитоплазматического роста и делящимися оогониями, в центре пластин отмечено много жировой ткани (рис. 13 а, б).

Ядро занимает примерно 33,5% от диаметра ооцита. В ооцитах уже на такой ранней стадии присутствует много жировых включений в виде вакуолей (рис. 14 а, б). Ооциты гибрида похожи на ооциты севрюги.

У БС на II стадии зрелости в ооцитах обычно не бывает такого количества жировых капель. Крупные ядрышки, также как и у материнских форм располагаются на этой стадии по периферии ядра, а мелкие в центре. Не прослеживается прямая зависимость между диаметрами ооцитов, стадией развития, гонадо-соматическим индексом и массой рыбы.

Следует отметить, что развитие гонад самок гибрида БС×Севр. идёт правильно, что свидетельствует о фертильности гибрида, и опережает развитие чистой севрюги того же возраста, выращенной в схожих температурных условиях УЗВ. Учитывая начальный темп развития, ожидаемое созревание первых самок гибрида должно произойти на четвёртом году содержания в УЗВ.



а)



б)

Рис. 11. Поперечные срезы яичника севрюги на II стадии зрелости:

а — масса рыбы — 2,1 кг, средний диаметр ооцитов 129 мкм, диаметр ядер — 26,8 мкм, ув.: ок. 10 × об. 20; б — масса рыбы 2,61 кг, средний диаметр ооцита 199,3 мкм, диаметр ядра — 55,7 мкм, ув.: ок. 10 × об. 40

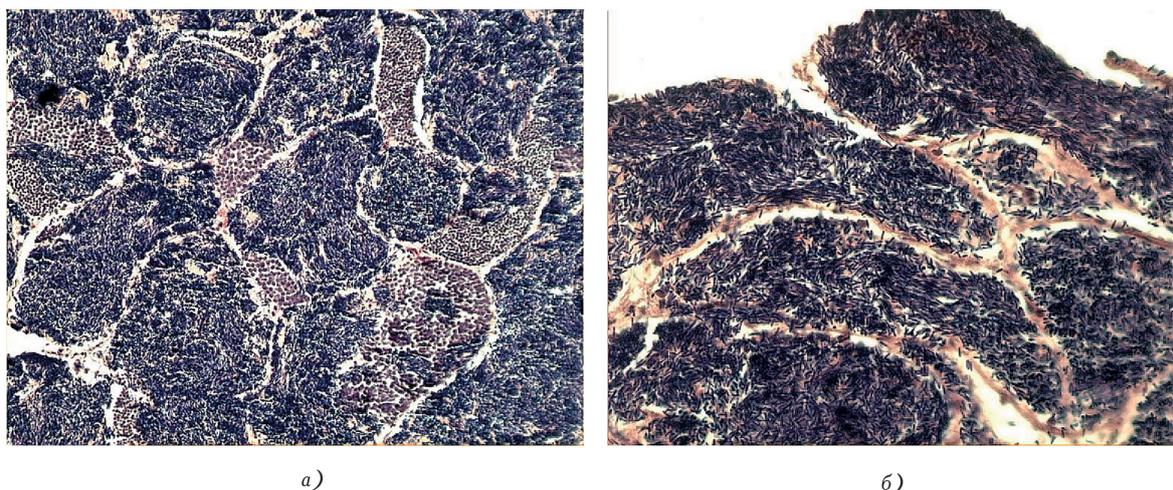


Рис. 12. Поперечные срезы семенника севрюги:

а — масса рыбы — 2,56 кг, семенник севрюги III–IV стадии зрелости, на срезах ещё видны сперматоциты I и II порядков, много сперматид и спермиев, ув.: ок. 10 × об. 20; б — масса рыбы — 3,6 кг, семенник на завершённой IV стадии зрелости, в поле зрения среза видны только зрелые спермии, ув.: ок. 10 × об. 40

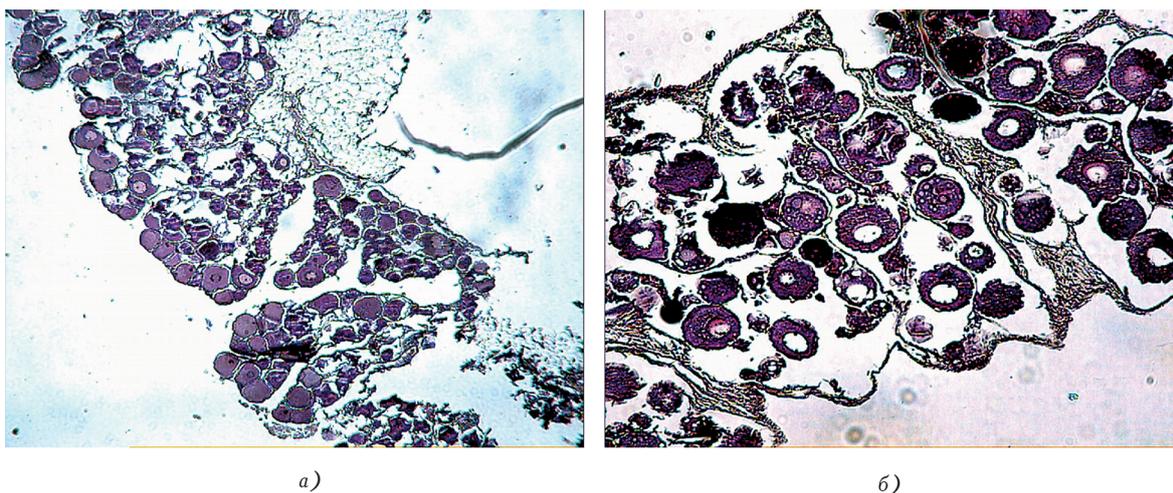


Рис. 13. Поперечный срез яичника гибрида БС×Севр. после 333суток выращивания:

а — масса рыбы 295 г, средний диаметр ооцитов — 88 мкм, диаметр ядер — 32 мкм, ув.: ок. 10 × об. 5; б — масса рыбы — 160 г, средний диаметр ооцитов — 71,5 мкм, диаметр ядер — 31,5 мкм, ув.: ок. 10 × об. 10

У исследованных самцов в гонадах семенные ампулы сформированы не полностью, соединительная ткань вокруг них также только формируется (рис. 15). На срезе видно множество делящихся сперматогониев, окружённых жировой тканью. Других клеток более позднего развития не выявлено. Таким образом, гонады самцов БС×Севр. находятся в самом начале II стадии зрелости, что соответствует стадии зрелости самцов БС того же возраста, выращенных в условиях УЗВ. Предположительно самцы созреют в возрасте трёх лет.

Гаметогенез и половое созревание гибрида БС×РО. На рис. 16 представлены гонады гибрида БС × РО. Они имеют практически одинаковую длину и ширину. Известно, что русский осётр является многохромосомным видом, а белуга и стерлядь малохромосомные виды. Теоретически гибрид между ними должен быть стерильным. Однако исследования гаметогенеза этого гибрида до сих пор не проводились.

И даже если самки не будут фертильны, это не означает, что самцы не достигнут II или даже

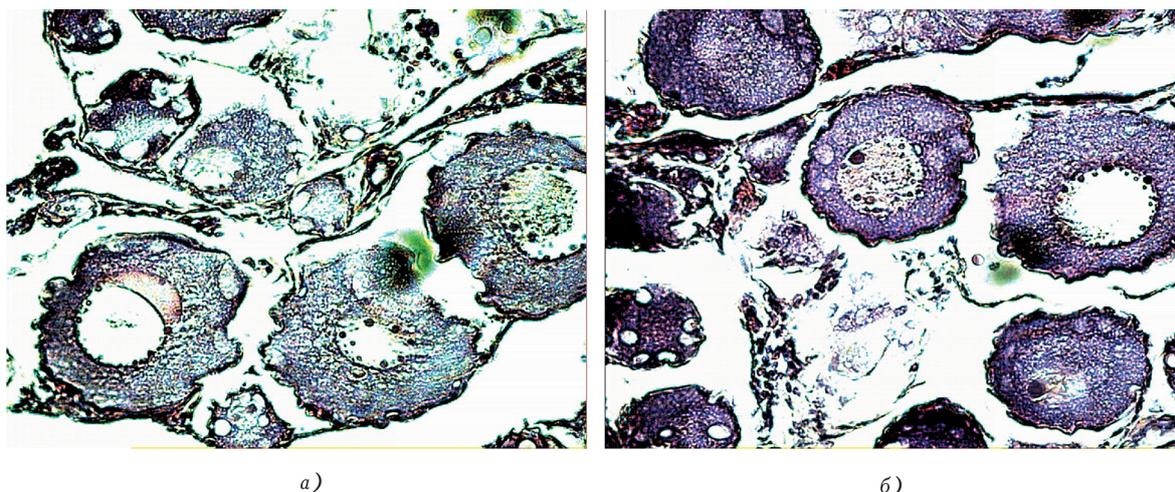


Рис. 14. Микроструктура яичника гибрида БС×Севр. на II стадии зрелости после 333 суток выращивания:
а — масса рыбы — 82 г., средний диаметр ооцитов — 92,9 мкм, диаметр ядер 29,8 мкм, средний диаметр жировых вакуолей — 9,25 мкм, ув.: ок. 10 × об. 40; б — масса рыбы — 160 г, средний диаметр ооцитов — 84,6 мкм, диаметр ядер — 35,4 мкм, диаметр жировых вакуолей — 9,9 мкм, ув.: ок. 10 × об. 40

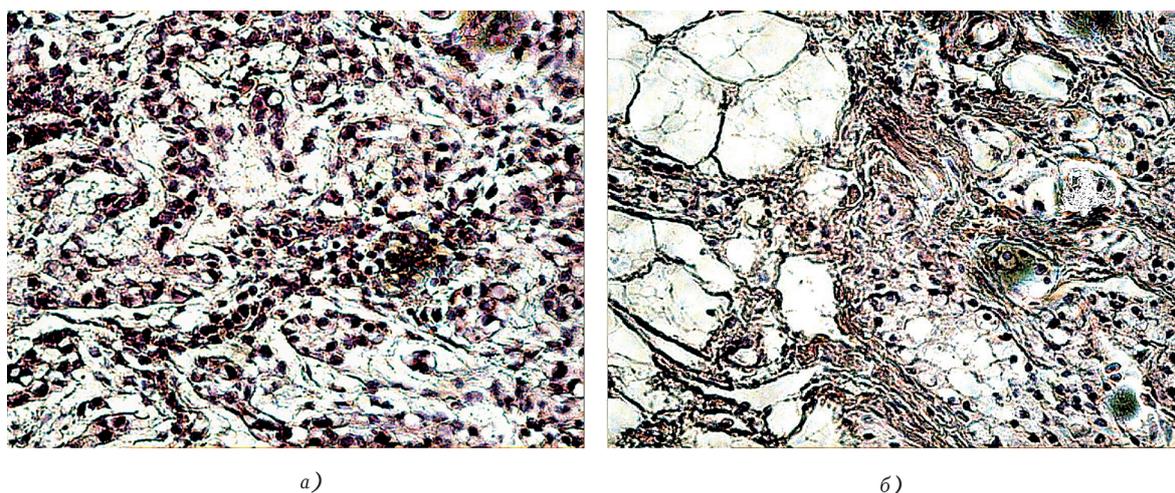


Рис. 15. Поперечный срез семенника гибрида БС×Севр. после 333 суток выращивания:
а — масса рыбы 221 г, стадия зрелости I—II, ув.: ок. 10 × об. 40; б — масса рыбы 358 г, на этом срезе ещё больше жировой ткани, а делящиеся сперматогонии расположены по краям не вполне сформированных ампул, ув.: ок. 10 × об. 40

III стадии зрелости. Нарушения сперматогенеза могут возникнуть на более поздних стадиях зрелости (на III стадии зрелости гонад) или в период второго мейотического деления при формировании сперматозоидов. Вопрос об их способности к созреванию остаётся открытым, скорее всего самки не будут фертильными.

У гибрида БС×РО в 60% случаев в гонадах отсутствовала анатомическая дифференцировка пола, и они представляли собой жировые валики. Гистологическая картина показывает небольшое количество отдельных клеток, ко-

торые в дальнейшем могут развиваться и как сперматогонии, и как оогонии (рис. 17а).

Однако у остальных особей кроме жира в гонадах отмечались островки генеративной ткани, делящиеся нормальные сперматогонии, но не сформированные в ампулы (рис. 17 б). Т.е., наблюдалась картина развития гонад, типичная для самца.

На основе проведённых исследований можно заключить, что у 40% особей гибрида БС×РО осуществляется развитие половой системы, и обнаружены гонады, развивающие-



Рис. 16. Гонады гибрида БСхРО в возрасте одного года, дифференцированные по самцовому типу, масса гонад — 0,76 г

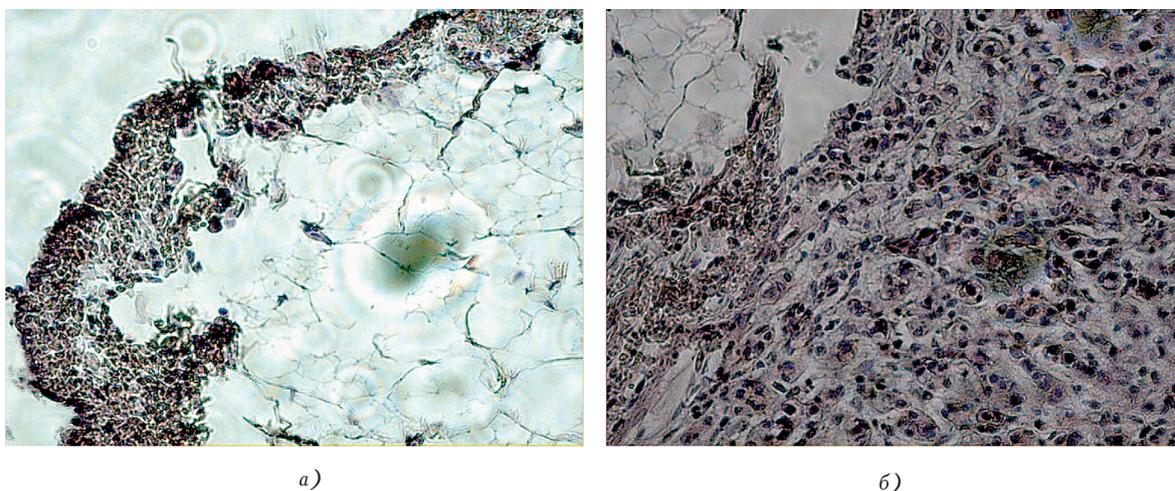


Рис. 17. а — поперечный срез гонады гибрида БСхРО после 333 дней без признаков дифференцировки пола, ув.: ок. 10 × об. 40; б — поперечный срез семенника гибрида БСхРО после 333 дней выращивания, масса рыбы 363 г, ув.: ок. 10 × об. 40

ся по самцовому типу. Каких-либо аномалий строения половых клеток обнаружено не было, следовательно, пока нет предпосылок считать, что гибрид БСхРО стерильный, как это предполагалось в начале исследований.

Ввиду возможного появления нарушений на более поздних этапах гаметогенеза при отсутствии данных относительно хода оогенеза, целесообразно дальнейшее исследование половых желёз у полученного гибрида.

Строение внутренних органов. Проведённый анализ строения внутренних органов межвидовых гибридов осетровых показал, что условия содержания рыбы были в целом удовлетворительными.

Несколько увеличенные индексы печени и селезёнки объясняются использованием несба-

лансированных высокобелковых продукционных кормов с достаточно высоким содержанием жира (табл. 4). [Федосеева, Астафьева, 2006].

Низкие значения гонадо-соматического индекса вполне согласуются с данными о степени развития гонад, в большинстве проб, представленных II незавершённой стадией зрелости, как у самок, так и у самцов [Чиркина, 1960; Астафьева, 2011].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные межвидовые гибриды осетровых рыб по результатам выращивания их в УЗВ характеризуются следующими показателями:

— темп роста гибрида между бестером (БС) и русским осетром выше, чем у роди-

Таблица 4. Органо-соматические показатели молоди гибридов при выращивании в УЗВ

Гибрид	Возраст, дни	Масса рыбы, г			Масса гонад, г			ГСИ, %	ГПИ, %	ИС, %
		М	min	max	М	min	max			
БС×РО	333	364,7	227,5	487,0	0,65	0,27	0,84	0,2	3,0	0,5
БС×Севр. самки	333	179,0	82,0	295,0	0,5	0,25	0,79	0,3	0,97	0,28
БС×Севр. самцы	333	289,5	221,0	358,0	0,96	0,37	1,55	0,37	2,31	0,36

тельских форм в сходных условиях. Морфологически (по окраске и пропорциям головы и тела) гибрид отклоняется в сторону русского осетра. Он не является полностью стерильным, так как обнаружены особи, с гонадами, развивающимися по самцовому типу. Характеризуется повышенной разнокачественностью по массе тела на первом году выращивания, что корректируется более частыми сортировками;

— гибрид между бестером (БС) и севрюгой по темпу роста опережает севрюгу, сохраняя с ней морфологическое сходство. Является фертильным, т. к. обнаружены самки и самцы с правильным развитием гонад. Оогенез гибрида протекает быстрее, чем у севрюги в аналогичных условиях содержания.

Подтверждается рекомендация для обоих гибридов по выращиванию их в бассейнах УЗВ с целью получения товарной продукции. Для формирования нормативных показателей необходимы данные по выращиванию гибридов до товарной массы (2,5–3 кг), анализ развития их репродуктивной системы к этому возрасту и результаты органолептического анализа продукции из гибридов осетровых в сравнении с традиционными объектами товарного осетроводства.

ЛИТЕРАТУРА

- Астафьева С.С. 2011. Морфофункциональные особенности гонадогенеза бестера при различных режимах выращивания. Автореф. дисс... канд. биол. наук. Астрахань: АГУ. 23 с.
- Ахундов М.М., Фёдоров К.Е. 1990. Ранний гамето- и гонадогенез осетровых рыб. 1. О критериях сравнительной оценки развития половых желёз молоди на примере русского осетра *Acipenser gueldenstadti* // Вопросы ихтиологии. Т. 30. Вып. 6. С. 963–973.
- Ахундов М.М., Фёдоров К.Е. 1991. Ранний гамето- и гонадогенез осетровых рыб. Развитие половых желёз у молоди стерляди. Л.: Изд-во ЛГУ. 23 с.
- Бубунец Э.В., Шишанова Е.И., Лабенец А.В., Кавтаров Д.А., Новосадова А.В., Стародворская И.В. 2010. Технология выращивания севрюги (*Acipenser stellatus*) в промышленных условиях. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 62 с.
- Баранов С.А., Резников В.Ф., Стариков Е.А., Толчинский Г.И. 1979. Основные уравнения роста биологических объектов // Биологические ресурсы внутренних водоёмов СССР. М.: Наука. С. 156–168.
- Бурцев И.А., Николаев А.И., Сафронов А.С., Крылова В.Д., Филиппова О.П. 1999. Методические указания по прижизненному получению икры у осетровых рыб. М.: ВНИРО. 10 с.
- Бурцев И.А. 2015. Биологические основы и взаимосвязь товарной и пастбищной аквакультуры осетровых рыб. М.: Изд-во ВНИРО. 196 с.
- Дюжиков А.Т., Серебрякова Е.В. 1964. Некоторые черты экологии и продолжительность полового цикла осетровых рыб Волги // Труды ВНИРО. Т. 56. С. 105–115.
- Николюкин Н.И., Тимофеева Н.А. 1953. Гибридизация белуги со стерлядью // ДАН СССР. Т. 93, № 5. С. 899–902.
- Персов Г.М. 1971. Сроки дифференцировки пола и темп полового созревания у осетровых. // Труды ЦНИОРХ. Т. 3. С. 222–234.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищевая промышленность. 376 с.
- Ромейс Б. Микроскопическая техника. 1954. М.: Иностранная литература. 719 с. (Benno Romeis. 1948. Mikroskopische Technik. 15. und 16. Auflage, Verlag R. Oldenbourg, München — Wien)
- Роскин Г.И., Левинсон Л.Б. 1957. Микроскопическая техника. М.: Советская наука. 467 с.
- Технологии и нормативы по товарному осетроводству в VI рыбободной зоне. 2006. Под ред. Судаковой Н.В. М.: Изд-во ВНИРО. 100 с.

- Федосеева Е.А., Астафьева С.С. 2006. Физиологические нормы молоди бестера при различных технологиях выращивания. Рыбное хоз-во. № 2. С. 68–69.
- Филиппова О.П., Пьянова С.В., Зуевский С.Е. 2015. Влияние биотехнологии многократного прижизненного получения икры от гибридов осетровых рыб на их оогенез в условиях замкнутого цикла выращивания (УЗВ) // Известия ТИПРО. Т. 181. С. 191–203.
- Чебанов М.С., Галич Е.В., Чмырь Ю.Н. 2004. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб. М.: Росинформагротех. 136 с.
- Чиркина А.И. 1960. Гистологическое строение половых желёз гибрида белуги со стерлядью // Труды Сарат. отд. НИОРХ. Т. 6. С. 192–201.
- Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. 1968. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Труды Ин-та экологии растений и животных. Вып. 58. С. 459–466.
- Шулов В.И. 1964. Созревание и повторность нереста стерляди Волгоградского водохранилища // Труды ВНИРО. Т. 56. С. 79–104.
- Piyanova S.V., Filippova O.P., Zuevskiy S.E. 2015. Oogenesis of bester hybrids (female *Huso huso* (Linnaeus, 1758) and male *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) during the inter-spawning period while cultured in a recycling system // Journal of Applied Ichthyology. V. 31. (Suppl. 2). P. 64–70.
- REFERENCE**
- Astaf'eva S.S. 2011. Morfofunktsional'nye osobennosti gonadogeneza bestera pri razlichnykh rezhimakh vyrashhivaniya [Morphological and functional features gonadogenesis bestera under different growing conditions]. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Astrakhan': AGU. 23 s.
- Akhundov M.M., Fedorov K.E. 1990. Rannij gameto-i gonadogenez osetrovykh ryb. 1. O kriteriyakh sravnitel'noj otsenki razvitiya polovykh zhelez molodi na primere russkogo osetra *Acipenser gueldenstadti* [Early gameto- gonadogenesis and sturgeon. About criteria comparative assessment of juvenile sexual glands on the example of Russian sturgeon *Acipenser gueldenstadti*] // Voprosy ikhtiologii. T.30. Vyp. 6. S.963–973.
- Akhundov M.M., Fedorov K.E. 1991. Rannij gameto-i gonadogenez osetrovykh ryb. Razvitie polovykh zhelez u molodi sterlyadi [Early gameto- gonadogenesis in sturgeon. Development of gonads in young sterlet]. L.: Izd-vo LGU. 23 s.
- Bubunets Eh.V., Shishanova E.I., Labenets A.V., Kavtarov D. A., Novosadova A. V., Starodvorskaya I. V. 2010. Tekhnologiya vyrashhivaniya sevryugi (*Acipenser stellatus*) v industrial'nykh usloviyakh [The technology of growing stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) in industrial conditions]. M.: RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva. 62 s.
- Baranov S.A., Reznikov V.F., Starikov E.A., Tolchinskij G.I. 1979. Osnovnye uravneniya rosta biologicheskikh ob'ektov [The basic equations of growth of biological objects // Biological Resources of the inland waters of the USSR] // Biologicheskie resursy vnutrennikh vodoemov SSSR. M.: Nauka. S.156–168.
- Burtsev I.A., Nikolaev A.I., Safronov A.C., Krylova V.D., Filippova O.P. 1999. Metodicheskie ukazaniya po prizhiznennomu polucheniyu ikry u osetrovykh ryb [Guidelines for the preparation of lifetime with sturgeon caviar]. M.: VNIRO. 10 s.
- Burtsev I.A. 2015. Biologicheskie osnovy i vzaimosvyaz' tovarnoj i pastbishhnoj akvakul'tury osetrovykh ryb [Biological basis and interrelation of commodity and pasturable aquaculture of sturgeons]. M.: Izd-vo VNIRO. 196 s.
- Dyuzhikov A.T., Serebryakova E.V. 1964. Nekotorye cherty ehkologii i prodolzhitel'nost' polovogo tsikla osetrovykh ryb Volgi [Some ecological features and duration of sexual cycle of sturgeon of the Volga] // Trudy VNIRO. T.56. S. 105–115.
- Nikolyukin N.I., Timofeeva N.A. 1953. Gibridizatsiya belugi so sterlyad'yu [Hybridization beluga with sterlet] // DAN SSSR. T. 93, № 5. S. 899–902.
- Persov G.M. 1971. Sroki differentsirovki pola i temp polovogo sozrevaniya u osetrovykh [Timing of sex differentiation and the rate puberty of sturgeons] // Trudy TSNIORKH. T.3. S. 222–234.
- Pravdin I.F. 1966. Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushhestvenno presnovodnykh) [Study Guide fishes (mostly freshwater)]. M.: Pishhevaya promyshlennost'. 376 s.
- Roskin G.I., Levinson L.B. 1957. Mikroskopicheskaya tekhnika [Microscopical equipment]. M.: Sovetskaya nauka. 467 s.
- Tekhnologii i normativy po tovarnomu osetrovodstvu v VI rybovodnoj zone [Technologies and standards on commercial sturgeon breeding in the VI aquaculture zone]. 2006. Pod red. Sudakovoj N. V. M.: Izd-vo VNIRO. 100 s.
- Fedosееva E.A., Astaf'eva S.S. 2006. Fiziologicheskie normy molodi bestera pri razlichnykh tekhnologiyakh vyrashhivaniya [Physiological norms juvenile of bester in different technologies of cultivation] // Rybnoe khoz-vo. № 2. S. 68–69.
- Filippova O.P., P'yanova S.V., Zuevskiy S.E. 2015. Vliyanie biotekhnologii mnogokratnogo prizhiznennogo polucheniya ikry ot gibridov osetrovykh ryb na ikh oogenez v usloviyakh zamknutogo tsikla vyrashhivaniya

- (UZV) [Influence of repeated intravital extraction of eggs from sturgeon hybrids on their oogenesis under conditions of recirculation aquaculture system (RAS)] // *Izvestiya TINRO*. T. 181. S. 191–203.
- Chebanov M.S., Galich E.V., Chmyr' Yu.N.* 2004. Rukovodstvo po razvedeniyu i vyrashhivaniyu osetrovyykh ryb [Manual breeding and raising of sturgeons.]. M.: Rosinformagrotekh. 136 s.
- Chirkina A.I.* 1960. Gistologicheskoe stroenie polovykh zhelez gibrida belugi so sterlyad'yu [Histological structure of gonads hybrid beluga with sterlet] // *Trudy Sarat. otd. NIORKH*. T. 6. S. 192–201.
- Shvarts S.S., Smirnov V.S., Dobrinskij L.N.* 1968. Metod morfofiziologicheskikh indikatorov v ehkologii nazemnykh pozvonochnykh [The method of morphological and physiological indicators in ecology of terrestrial vertebrates] // *Trudy In-ta ehkologii rastenij i zhivotnykh*. Vyp. 58. S. 459–466.
- Shilov V.I.* 1964. Sozrevanie i povtornost' neresta sterlyadi Volgogradskogo vodokhranilishha [Maturation and re-spawning sterlets Volgograd water basin] // *Trudy VNIRO*. T. 56. S. 79–104.

Поступила в редакцию 06.07.16 г.
Принята после рецензии 26.09.16 г.

Characteristics of sturgeon hybrids on the basis of Bester cultivated in Recirculating Aquaculture Systems (RAS)

A.S. Safronov, O.P. Filippova, S.E. Zuevskiy, I.V. Burlachenko, M.A. Ezhkin, K.V. Suchover

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

Obtained interspecific hybrids of sturgeon between Bester *Huso huso* × *Acipenser ruthenus* and stellate sturgeon *Acipenser stellatus*, and between Bester and Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* were grown in RAS up to one year. The studies were conducted in the years 2015–2016. RAS in the experimental fish breeding complex (EFBC) VNIRO. Hybrid between Bester and Russian sturgeon ahead parental lines on the growth rate. It remains an open question of male sterility of the hybrids as hybrids were found with gonads at maturity stage I–II, which were developed on the male pattern. In this hybrid species dispersion was observed in body weight. Hybrid between Bester and stellate sturgeon on the growth rate ahead of stellate sturgeon, keeping her morphological similarity. The hybrid is fertile, as identified females and males with the correct development of the gonads. Oogenesis of hybrid is faster than the stellate sturgeon in the similar conditions of cultivation. The one-year experience in the cultivation of interspecific hybrids of sturgeon on the basis of Bester, with pure species to improve the growth rates and phenotype allows us to recommend them on the basis of these fish breeding and biological indicators, as a substitute for Russian sturgeon and stellate sturgeon in order to obtain marketable fish in a warm-water farms.

Key words: sturgeon fish, hybrid, bester, recirculation aquaculture system (RAS), controlled conditions, maturation, oocytes.