

На правах рукописи

УДК 597.442:639.2.371.2:639.3.041.2:639.3.032

**НОВОСАДОВ**

**Алексей Геннадьевич**

**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОДУКЦИОННАЯ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИБРИДА СИБИРСКОГО ОСЕТРА  
*ACIPENSER BAERII* И БЕЛУГИ *HUSO HUSO***

Специальность 03.02.06 – ихтиология

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени

кандидата биологических наук

Москва – 2011

Работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском институте  
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГУП "ВНИРО")

Научный руководитель: профессор, доктор биологических наук  
Микодина Екатерина Викторовна

Официальные оппоненты: профессор, доктор биологических наук  
Мельченков Евгений Алексеевич

кандидат биологических наук  
Ефимов Александр Борисович

Ведущая организация: Российский государственный аграрный уни-  
верситет - Московская сельскохозяйственная  
академия им. К.А. Тимирязева (РГАУ-МСХА)

Защита состоится 22 апреля 2011 г. в 11<sup>00</sup> на заседании диссертационного  
совета Д 307.004.01 при Всероссийском научно-исследовательском институте  
рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП "ВНИРО") по адресу: 107140, г. Мо-  
сква, ул. Верхняя Красносельская, д. 17.

Факс 8 (499) 264-91-76, электронный адрес: [sedova@vniro.ru](mailto:sedova@vniro.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИРО.

Автореферат разослан 21 марта 2011 г.

Учёный секретарь  
диссертационного Совета,  
кандидат биологических наук



М.А. Седова

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Принятие в одностороннем порядке российской стороной в 2000 г. моратория на коммерческий вылов белуги, а в 2005 г. – на осетра и севрюгу не улучшило катастрофического состояния запасов, а их изъятие до сих пор разрешено только для искусственного воспроизводства и научных исследований (Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007). Это существенно уменьшило возможность удовлетворения потребностей населения в продукции из осетровых видов рыб и она поступает на рынок только из товарных рыбоводных хозяйств. Основными объектами товарного осетроводства являются стерлядь, сибирский осетр ленской популяции *Acipenser baerii* (СО), гибрид русский осетр *A. guildenstadti* × сибирский осетр, а также гибрид бестер *A. Nicolucii* (*A. ruthenus* × *Huso huso*) трех запатентованных пород: Аксайской, Бурцевской и Внировской (Николюкин, 1970, 1972; Бурцев, Серебрякова, 1970; Кирпичников, 1979, 1987; Арефьев и др., 2000; Бурцев и др., 2008).

Кроме бестера, в осетроводстве используют и других гибридов, в том числе с сибирским осетром, как видом с высокими адаптивными возможностями и темпом роста. При межвидовой гибридизации сибирского осетра часто используют в качестве самки, например со стерлядью (Богерук и др., 2001; Козовкова, Кушнирова, 2008), сахалинским осетром *A. mikadoi* (Крылова и др., 1997), а также - самца: с русским осетром (Ефимов, 2003; Сафронов, Филиппова, 2000; Сафронов, 2003; Никифоров, 2008), шипом *A. nudiventris* (Hassanzadeh et al., 2009). Их продукционные возможности исследуются. Единственным межродовым и самым популярным гибридом остается бестер, в котором белуга (Б) является материнским или отцовским видом (Каталог ..., 2001; Бурцев и др., 2008).

Ввиду дефицита диких производителей осетровых, используемых для получения потомства в искусственных условиях, на отечественных осетроводных хозяйствах (Волгоградский ОРЗ, Можайский ПЭРЗ, Кадуйрыбхоз, ОАО РТФ "Диана", ЗАО "Казачка", ОАО "Русские осетры", Конаковский ЗТО, Калужский РОК и др.) активно формируются маточные стада. Маточные стада некоторых

видов осетровых зачастую бывают неполноценны: или нет самок репродуктивного возраста, или самцов. Так, маточное стадо осетровых, культивируемое на осетровом рыбноводном хозяйстве при Электрогорской ГРЭС-3 им. Р.Э. Классона (Московская область), имеет половозрелых самцов белуги, однако самки еще не достигли репродуктивного возраста. С целью оптимизации использования производителей маточного стада высказана идея о возможности использования самцов белуги для межродовой гибридизации и получения новых гибридов  $F_1$  для товарного выращивания с сибирским осетром в качестве самки.

По мере развития индустриального осетроводства в условиях современной экономики ярко проявилась такая его особенность, как относительная длительность производственного цикла. Это создаёт значительные трудности в сбыте выращенных осетровых и негативно сказывается на эффективности их культивирования. Имеющиеся половозрелые самки высокоценных видов (белуга, калуга *H. dauricus*, сахалинский осетр) в первую очередь должны использоваться для воспроизводства чистых видов, тогда как самцы, имеющиеся, как правило, в большем количестве, могут применяться и при производстве товарной рыбы. На этом фоне особый интерес представляет использование новых высокопродуктивных гибридов, и разработка технологий их разведения и выращивания, которые позволят получать товарную рыбную продукцию в кратчайшие сроки.

**Цель и задачи исследования:** разработать технологию товарного выращивания гибрида между сибирским осетром и белугой (СО×Б).

Для её достижения решали следующие задачи:

1. получить гибрида первого поколения между сибирским осетром и белугой в условиях Электрогорского осетрового рыбноводного хозяйства при ГРЭС-3 им. Р.Э. Классона (Московская область);
2. осуществить выращивание полученного гибрида в течение двух вегетационных сезонов;
3. изучить рост гибрида между сибирским осетром и белугой в условиях индустриального осетрового хозяйства;

4. сравнить продукционные показатели полученного гибрида с материнским видом – сибирским осетром, как традиционным объектом осетроводства;
5. описать морфометрические показатели гибрида «СО×Б» и сравнить с родительскими видами;
6. выявить тест-признаки, отличающие полученного гибрида от родительских видов;
7. изучить развитие половой системы гибрида «СО×Б»;
8. разработать технологию получения и выращивания гибрида сибирского осетра и белуги, а также нормативы его по товарному культивированию в тепловодных садковых хозяйствах.

**Научная новизна.** Впервые получен, выращен и описан гибрид "СО×Б". Приведена динамика размерно-весовой структуры выращиваемого гибрида и рассчитаны уравнения роста гибрида "СО×Б" для оценки его продукционных свойств. Впервые изучены морфологические особенности полученного гибрида и проведено их сравнение с родительскими видами, в том числе - методом многомерного кластерного анализа. Впервые разработана технология выращивания гибрида "СО×Б" до товарной массы.

**Практическое значение.** Результаты работы позволяют рекомендовать гибрида между сибирским осетром и белугой в качестве объекта промышленного осетроводства. Применяемые в работе методы сравнительной статистики могут использоваться в качестве основы для разработки методик на отличимость, однородность, стабильность создаваемых пород рыб. Отдельные этапы описанного технологического процесса могут быть применимы к другим объектам осетроводства. Разработаны технология и нормативы выращивания для тепловодного садкового хозяйства. Подготовлены методические рекомендации «Технология получения и выращивания гибрида сибирского осетра и белуги».

**Апробация работы.** Материалы диссертации были доложены на Учёном совете во Всероссийском научно-исследовательском институте ирригационного рыбоводства (ГНУ «ВНИИР») Россельхозакадемии; Международной научно-практической конференции «Аквакультура и интегрированные технологии:

проблемы и возможности» (Москва, 2005); Международной научно-практической конференции «Пресноводная аквакультура: состояние, тенденция и перспективы развития» (Молдова, 2005); Международной научной конференции «Состояние и перспективы развития фермерского рыбоводства аридной зоны» (Азов, 2006); Первой Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов» (Москва, 2006); Международном симпозиуме «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата» (Астрахань, 2007); Международной научно—практической конференции «Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК» (Москва, 2007).

**Положение, выносимое на защиту.** Скрещивание многохромосомного сибирского осетра и малохромосомной белуги дает в первом поколении жизнеспособного гибрида с матроклинным наследованием признаков, перспективного для товарного выращивания.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 13 работ, из которых 1 в журнале, рекомендованном ВАК.

**Структура и объём работы.** Диссертация изложена на 157 страницах и состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы и 6 приложений. Работа содержит 17 таблиц и 42 рисунка. В списке литературы 242 источника, из них 68 на иностранных языках.

**Благодарности.** За помощь на всех этапах выполнения работы благодарю сотрудников ГНУ «ВНИИР»: заведующего отделом рыбоводства, к.с.-х.н. Лабенца А.В. и ученого секретаря к.б.н. Шишанову Е.И., начальника отдела ФГУ «ЦУРЭН» к.с.-х.н. Бубунца Э.В., начальника осетрового рыбоводного хозяйства при Электрогорской ГРЭС-3 им. Р.Э. Классона к.с.-х.н. Липпо Е.В., лауреата премии Правительства России, к.б.н. Крылову В.Д. Автор приносит глубокую благодарность научному руководителю профессору, д-ру биол. наук Микодиной Е.В. за ценные советы и рекомендации, сделанные в процессе работы над диссертацией.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1. Обзор литературы**

В главе приведены сведения о гибридизации как об общебиологическом явлении. Описаны классические и современные гипотезы возникновения эффекта соматического гетерозиса, как желаемого результата при гибридизации позвоночных животных и рыб. Рассмотрены условия, при которых гетерозис проявляется наиболее выражено.

Приведены данные литературы о результатах скрещивания различных видов рыб с разной степенью проявления эффекта гетерозиса. Описаны методы, позволяющие в определенной мере прогнозировать проявление гетерозиса.

Особое внимание уделено описанию известных гибридов осетровых рыб. Проанализированы их морфологические и продукционные показатели. Подробно рассмотрен гибрид белуги и стерляди «бестер». На основании этих данных сделан вывод о возможности получения и перспективах использования межродового гибрида сибирского осетра и белуги в условиях индустриальных рыбоводных хозяйств.

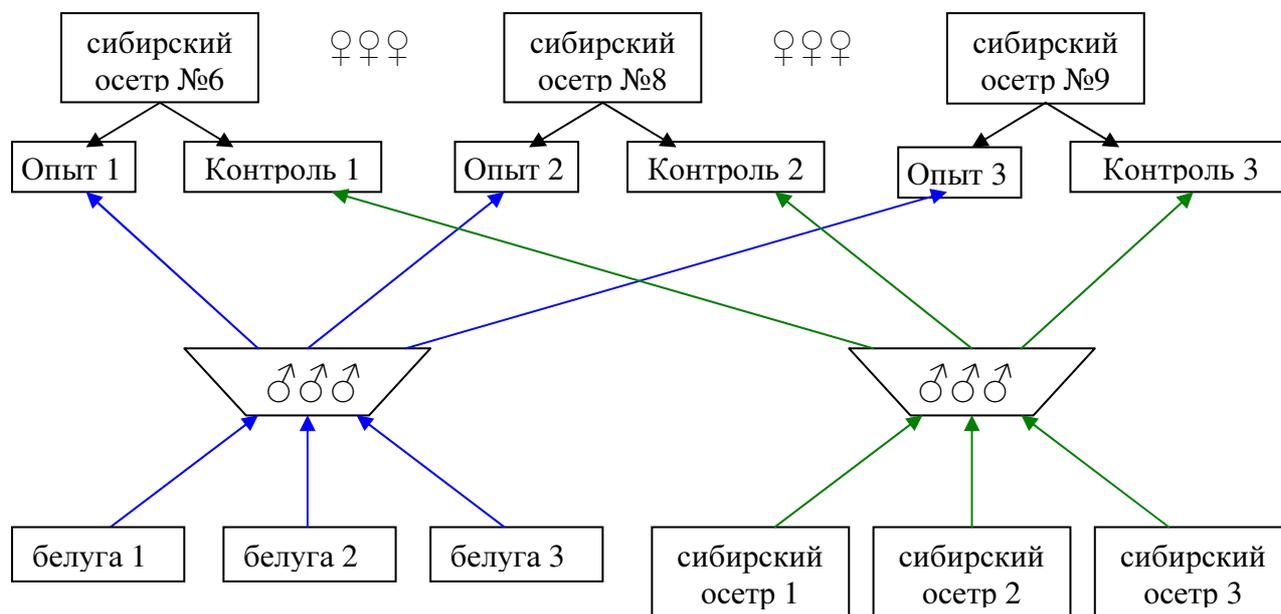
### **Глава 2. Материал и методы**

Материал собран в 2004–2008 гг. на Электрогорском осетровом рыбоводном хозяйстве при ГРЭС-3 имени Р.Э. Классона (Московская область), где температура воды в летний период зависит от периодических попусков тёплой воды с ГРЭС, а зимой – соответствует естественной.

Для получения подопытной и контрольной групп рыб использованы производители из собственного маточного стада, выращенные в данном хозяйстве из икры. Стадию зрелости гонад и степень зрелости половых продуктов подопытных рыб оценивали методом биопсийных (щуповых) проб (Трусов, 1964; Казанский и др., 1978).

При подборе производителей для получения гибрида изучены репродуктивные показатели 11 самок сибирского осетра с гонадами в IV завершённой

стадии зрелости, 10 самцов сибирского осетра и 8 самцов белуги из маточного стада. Схема получения подопытной и контрольной групп рыб представлена на рис 1.



**Рис. 1.** Схема получения подопытного гибрида «сибирский осётр×белуга» и сибирского осетра (контроль)

Для стимуляции нереста производителей однократно инъецировали синтетическим аналогом релизинг-гормона лютеинизирующего гормона млекопитающих (сурфагоном) (Гончаров, 1981): самцам и самкам сибирского осетра вводили по 1 мкг сурфагона на 1 кг живой массы без учёта пола, самцам белуги – по 2 мкг на 1 кг массы.

Сперму отбирали при помощи силиконовой трубки в стеклянные сухие ёмкости. Её качество оценивали в баллах по Казакову, Образцову (1990). Икру получали витальным способом путём подрезания яйцеводов (Подушка, 1986, 1999). Оплодотворение проводили полусухим способом по методу Врасского (1859) смесью от трёх самцов как рекомендовано Гинзбург (1963). Икру обесклеивали молоком и инкубировали в 6 аппаратах Вейса, подключённых к установке замкнутого водообеспечения. Процент оплодотворения подсчитывали у 200 икринок на стадии четырёх бластомеров (Детлаф, Гинзбург, Шмальгаузен, 1981).

Для нивелирования влияния естественного варьирования (Снедекор, 1961) инкубация проведена в трех повторностях, выращивание личинок и молоди – в двух. Молодь вначале подращивали в рыбоводном цеху в стандартных бассейнах ИЦА-2 объёмом 2 м<sup>3</sup> с проточной водой, оснащенных дополнительной системой биологической фильтрации, а затем после достижения ею массы 5 г – в бетонных бассейнах размером 4 м×2 м×1.5 м, расположенных на открытой площадке.

Температуру воды в рыбоводных емкостях измеряли в 8<sup>00</sup>, 14<sup>00</sup> и 21<sup>00</sup>. Кормление предличинок и личинок живыми кормами (науплии артемии и олигохеты) и стартовым кормом "Biomar" проводили дважды в день: в 9<sup>00</sup> и в 21<sup>00</sup>, сеголеток – восьмикратно с 21<sup>00</sup> до 7<sup>00</sup>, двухлеток - шесть раз в сутки с 21<sup>00</sup> до 7<sup>00</sup> с интервалом два часа. Нормы кормления сеголеток определяли по поедаемости, двухлеток - в количестве 1% от массы рыбы с ежедекадной коррекцией. Рацион сеголеток и двухлеток состоял только из гранулированного комбикорма производства компании «Сорпенс» с размером гранул от 3 до 6 мм.

Массу икринок и молоди до 1 г определяли на торсионных весах, затем – на аналитических; измерение длины вначале проводили под микроскопом при помощи окуляр-микрометра, затем - мерной доски. Морфометрические измерения проведены штангенциркулем и рулеткой на живых рыбах по Правдину (1966) в модификации Соколова и Кашина (1965), Крыловой и Соколова (1981).

При обработке данных использован метод вариационной статистики по Снедекору (1961) и Урбаху (1964), а также РС программы STATISTICA 8.0 и Excel. Показатель трансгрессии рассчитан по Плохинскому (1961). Вычислены гибридные индексы (Веригин, Макеева, 1972, 1974; Рябов, 1977). Связи между признаками представлены «корреляционным кольцом» (Терентьев, 1959, 1960). Кластерный анализ морфометрических данных осуществляли по иерархическому агломеративному алгоритму методом одиночной связи или «ближнего соседа» в программе STATISTICA 8.0. В качестве меры сходства использовалось обычное евклидово расстояние. Объём собранного и обработанного материала представлен в табл. 1.

Таблица 1. Объем исследованного материала

Показатели	Виды		
	сибирский осетр	белуга	гибрид
Производителей, экз.	14	3	-
Биологический анализ, рыб	857	3	840
Масса, диаметр икринок, проценты оплодотворения и вылупления, шт.	13400	-	2400
Продолжительность выращивания, мес	29	-	29
Морфометрических показателей измерений	59	-	59
	2950	-	2950
Гибридных индексов	-	-	39
Корреляция морфометрических признаков биологических показателей	-	-	3481
	1936	-	-
Кластерный анализ рыб признаков	20	20	20
	1180	1180	1180

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Глава 3. Получение и выращивание гибрида "СО × Б"

#### 3.1. Репродуктивные показатели родительских видов

**С а м к и.** Для выбора самок сибирского осетра с целью использования при гибридизации изучены репродуктивные показатели 11 рыб 8-годовалого возраста. Самки №№ 1, 3, 6 были впервые нерестящиеся, остальные – повторно созревшие. Оценку этих характеристик у каждой самки проводили индивидуально, что является важным условием селекции (Виноградов, Речинский, 2001).

Репродуктивные качества самок оценивали по нескольким показателям после гормональной стимуляции нереста (Баранникова, 1978; Гербильский 1938, 1941, 1947; Гончаров, 1981). В последнее время в рыбоводстве в качестве гормонального индуктора размножения используют синтетический аналог гонадотропин-рилизинг-гормона млекопитающих Gn-RHa (сурфагон) (Гончаров, 1981), зарекомендовавший себя как эффективный и экономически выгодный

(Иванов, 2000). В осетроводстве, как правило, применяют метод однократных инъекций сурфагона, например, на Волгоградском ОРЗ (Крылова, Козовкова, 2005). Мы применяли этот метод и в Электрогорском осетровом рыболовном хозяйстве.

Продолжительность созревания самок составила одни сутки после гормональной инъекции. Кроме стандартных рыболовных показателей (масса, длина рыб, величина наибольшего обхвата тела), при выборе самок использовали 5 таких важнейших репродуктивных показателя, как реакция на гормональную стимуляцию, масса овулировавшей икры, размер и масса одной икринки, рабочая плодовитость (табл. 2). Учитывали также и другие показатели:

**Таблица 2.** Репродуктивные показатели самок сибирского осетра

№ п/п	Масса, кг	L, см	Обхват, см	Масса овулировавшей икры, г	Диаметр икринки по экватору		Масса одной икринки		Рабочая плодовитость, тыс. шт.
					M±m, мм	CV, %	M±m, мг	CV, %	
1	7.9	110	47	660	2.5±0.02	5.0	10.2±0.04	4.1	51.6
2	7.7	106	48	700	2.5±0.02	6.0	10.3±0.08	8.2	54.4
3	11.4	119	51	200	2.5±0.02	5.7	9.9±0.06	6.2	16.0
4	12.7	130	51	3370	2.5±0.03	7.9	10.5±0.04	3.8	256.0
5	8.3	115	47	не ответила на стимуляцию нереста					
6	19.2	139	54	3600	2.6±0.02	5.4	10.2±0.05	5.1	282.9
7	16.7	145	58	3220	2.6±0.02	4.9	11.2±0.06	5.2	229.6
8	19.8	140	63	3180	2.6±0.02	6.4	11.1±0.05	5.7	229.6
9	13.2	119	57	2050	2.6±0.02	4.8	10.0±0.03	4.7	163.7
10	11.4	128	51	1040	2.6±0.02	5.1	10.2±0.04	3.01	82.0
11	23.1	136	58	2000	начало резорбции				

Примечание. Желтым помечены выбранные для гибридизации самки.

количество овариальной жидкости, присутствие крови, наличие поврежденной и перезревшей икры. С учетом всех этих данных для получения гибрида были выбраны самки сибирского осетра № 6, 8 и 9. Из них самка № 6 единственная оказалась впервые созревающей, однако ее репродуктивные показатели оказались наилучшими.

**С а м ц ы.** Качество половых продуктов 8-годовиков самцов сибирского осетра и 11-годовиков белуги оценивали непосредственно после получения спермы. Все эякуляты визуально были молочно-белого цвета, достаточной густоты. При микроскопировании спермы разных самцов между ними обнаружены индивидуальные различия. Они характерны для осетровых, у которых наблюдается высокая вариабельность показателей спермы у разных самцов одного вида (Гинзбург, 1968). Качество спермы сибирского осетра и белуги удовлетворительное, о чем свидетельствуют средние показатели (табл. 3). Выбор самцов проведен, ориентируясь в основном на индивидуальные показатели подвижности и активности спермиев, по которым отобраны по 3 самца каждого вида.

**Таблица 3.** Характеристика спермы самцов сибирского осетра и белуги

Показатели	Визуальная оценка, балл	Подвижность спермиев, балл	Активность спермиев, с		Концентрация спермиев, млн/мм <sup>3</sup>	Сперматокрит, %
			I фаза	II фаза		
<b>Сибирский осётр (n=10)</b>						
M±m	4	4	200.4±27.92	345.9±46.7	0.6±0.21	1.6±0.23
lim	4-5	3-5	151.33–248.00	269.00–430.33	0.185–0.880	0.42–2.86
σ	2.8	2.3	48.35	80.93	0.364	0.77
CV±m <sub>cv</sub>	15.4±3.60	24.0±6.10	24.1±0.85	23.4±9.55	60.5±24.70	49.5±2.06
<b>Белуга (n=8)</b>						
M±m	4	3	75.2±3.18	129.9±16.36	1.2±0.33	3.7±0.92
lim	4-4	2-5	69.67–80.67	110.00–162.33	0.65–1.79	1.43–6.26
σ	1.67	4.5	5.5	28.33	0.57	1.77
CV±m <sub>cv</sub>	22.4±6.50	37.6±7.20	7.3±2.98	21.8±8.90	47.5±19.39	48.2±11.42

Примечание. M±m – среднее значение показателя и его ошибка; lim – пределы варьирования; σ – среднее квадратичное отклонение; CV±m – коэффициент вариации и его ошибка.

### 3.2. Эмбриональное развитие гибрида «СО × Б»

Выбранные для гибридизации самки сибирского осетра № 6, № 8 и № 9 в дальнейшем получили номера 1, 2 и 3; такую же нумерацию имеют подопытные группы гибридов.

Продолжительность эмбрионального развития гибрида и материнского вида – сибирского осетра, оказалась сходной, и при температуре воды 15 °С составила 6 сут. Белуга при этой температуре развивается несколько дольше. По этому признаку гибрид проявляет матроклинию. Результаты эмбриогенеза оценивали по оплодотворяемости икры и количеству свободных эмбрионов на этапе вылупления (табл. 4).

**Таблица 4.** Показатели эмбрионального развития гибрида «СО × Б», %

№ партии икры	Оплодотворение, %	Вылупление, %	№ партии икры	Оплодотворение, %	Вылупление, %
Сибирский осётр × белуга 1	90	8	Сибирский осётр 1	78	5
Сибирский осётр × белуга 2	84	89	Сибирский осётр 2	95	81
Сибирский осётр × белуга 3	56	54	Сибирский осётр 3	61	63
В среднем по группе	76.7	50.3	В среднем по группе	78	49.7

Проценты оплодотворения сибирского осетра и гибрида «СО × Б» в среднем были близки и достоверно не различались. Эти показатели соответствуют нормативам, принятым в осетроводстве. То же относится и к показателю вылупления, за исключением первой подопытной и контрольной групп, у которых, несмотря на высокую оплодотворяемость икры, доля вылупившихся живых предличинок была крайне низкая. По-видимому, это можно объяснить тем, что самка сибирского осетра №1 впервые участвовала в размножении, что и отразилось на результате эмбрионального развития ее икры. Таким образом, в условиях Электрогорского осетрового рыбоводного хозяйства Московской области были впервые получены жизнеспособные предличинки гибрида «СО × Б».

### **3.3. Особенности роста гибрида «СО × Б» в течение первых двух лет выращивания**

**Первый год выращивания.** Предличинки гибрида «СО × Б» и контрольной группы (СО) в возрасте 1 сут. от вылупления были переведены в

цеховые бассейны ИЩА-2. У 7-суточных предличинок (через 6 сут. после перевода в бассейны) началась концентрация личинок в т.н. «рой». Еще через 5 сут. скопления предличинок рассредоточились, что свидетельствует о начале поисковой трофической активности и служит косвенным признаком начала экзогенного питания. Более точным показателем является прорыв анального отверстия и выход меланиновых пробок, что легко определяется визуально. Процесс рассыпания «роёв» и выхода пигментных пробок проходил синхронно как в подопытной (сибирский осётр×белуга) так и в контрольной (сибирский осётр) группах. К началу экзогенного питания содержимое желточного мешка было израсходовано не до конца, поэтому в развитии исследуемого гибрида можно выделить этап смешанного питания, также как и у других осетровых (Матвеев, 1953).

Пик смертности предличинок наблюдали при их переходе на активное питание. Гибель составила 18% у сибирского осетра и 14% у гибридов, т.е. гибрид обладал несколько большей выживаемостью. Основную часть погибших особей составляли предличинки с различными аномалиями пищеварительной системы. Эта особенность характерна для осетровых (Чихачёв, Путина, Савченко, 1981) и, по-видимому, является отражением как качества икры, так и следствием несовершенства заводской технологии искусственного воспроизводства.

По достижении массы 5 г полученную гибридную и контрольную молодь была переведена в открытые бассейны большего объема. В силу высокой размерно-весовой разнокачественности молоди перевод в бассейны осуществляли в несколько этапов по мере роста рыбы.

К концу первого вегетационного периода сеголетки материнского вида (сибирского осетра) достигли средней массы 220 г, тогда как гибрида «сибирский осётр×белуга» – 300 г (табл. 5). Коэффициент массонакопления был также выше у гибрида за исключением первой декады выращивания. Эффект скрещивания проявился в соматическом росте, т.е. масса гибрида оказалась в 1.4 раза больше, чем у сибирского осетра.

**Таблица 5.** Динамика роста сеголеток сибирского осетра и его гибрида с белугой в течение первого вегетационного сезона

Показатели*					
Декада вы- ращивания	Масса на начало де- кады, г	Абсолют- ный при- рост, г	Среднесу- точный при- рост, г/сут	Относи- тельный прирост, %	Коэффици- ент массо- накопления
4	3.5	1.805	0.1805	41.41	0.06809509
	4.6	1.315	0.1315	24.91	0.04343434
5	5.3	1.286	0.1286	21.78	0.03939227
	5.9	1.895	0.1895	27.53	0.05246774
6	6.5	3.839	0.3839	45.34	0.09315984
	7.8	4.934	0.4934	47.91	0.10519278
7	10.4	4.813	0.4813	37.62	0.08841602
	12.8	5.776	0.5776	36.90	0.09272
8	15.2	10.194	1.0194	50.23	0.13838048
	18.5	12.697	1.2697	51.01	0.15048742
9	25.4	12.252	1.2252	38.87	0.12339894
	31.2	16.238	1.6238	41.26	0.14115704
10	37.6	15.028	1.5028	33.28	0.11885165
	47.5	31.065	3.1065	49.30	0.19799331
11	52.7	21.86	2.186	34.37	0.1376262
	78.5	21.042	2.1042	23.63	0.10552054
12	74.5	35.777	3.5777	38.71	0.1758165
	99.6	51.245	5.1245	40.93	0.2058401
13	110.3	39.963	3.9963	30.67	0.15577053
	150.8	29.89	2.989	18.03	0.0989309
14	150.3	30.227	3.0227	18.28	0.10020637
	180.7	39.604	3.9604	19.75	0.11549237
15	180.5	19.984	1.9984	10.49	0.06022708
	220.3	30.572	3.0572	12.96	0.07997936
16	200.5	19.498	1.9498	9.27	0.05501578
	250.9	49.759	4.9759	18.04	0.11728589
17	220.0	—	—	—	—
	300.7	—	—	—	—

\* В числителе – показатели для сибирского осетра, в знаменателе – для гибрида «СОхБ»

Сигналом к началу перехода на зимовку служит снижение температуры воды и, как следствие, почти полное прекращение потребления корма осетро-

выми. Ориентируясь на эти показатели, контрольная и подопытная группы рыб в конце октября–начале ноября при температуре воды 4-5 °С были пересажены в сетчатые садки, установленные в водоёме-охладителе для зимовки. Плотность посадки рыбы на зимовку составила около 100 кг/м<sup>3</sup>.

За период зимовки среди сеголеток и гибрида "сибирский осётр × белуга", и сибирского осетра гибель не отмечена, несмотря на то, что температура воздуха зимой 2005 г. достигала -35°С, а температура воды соответствовала природной (+2–3°). Снижение массы тела осетровых в период зимовки является нормой и при садковом выращивании может достигать 50% (Михеев, 1988). В нашем случае потеря массы за зимовку составила у сибирского осетра 22.5%, тогда как у гибрида оказалась большей – 32.5%. Несмотря на это, после окончания зимовки масса гибридов (203.2 г) была в 1.2 раза больше, чем у сибирского осетра (170.6 г). Таким образом, гибрид "сибирский осётр × белуга" обладал большим стартовым потенциалом на начало второго вегетационного сезона.

**Второй год выращивания.** В начале второго года выращивания средние массы в контрольной и подопытной группах были выровнены, в результате чего в подопытную группу попала часть рыб, являвшихся "аутсайдерами" по массе. На наш взгляд, вследствие этого рост гибрида в первый месяц уступал сибирскому осетру. Только начиная со второго месяца выращивания, относительный и среднесуточный приросты у гибрида стали превосходить аналогичные показатели у сибирского осетра. К третьему месяцу выращивания гибрид окончательно продемонстрировал преимущество в динамике роста (табл. 6). К концу второго вегетационного периода двухлетки гибрида «сибирский осётр × белуга» достигли средней массы 1016 г и достоверно на 118 г, или 12%, превосходили по этому показателю двухлеток сибирского осетра. К концу второго года выращивания рыбопродуктивность составила 148 кг/м<sup>3</sup> для гибрида «сибирский осётр × белуга», и 121 кг/м<sup>3</sup> – для сибирского осетра.

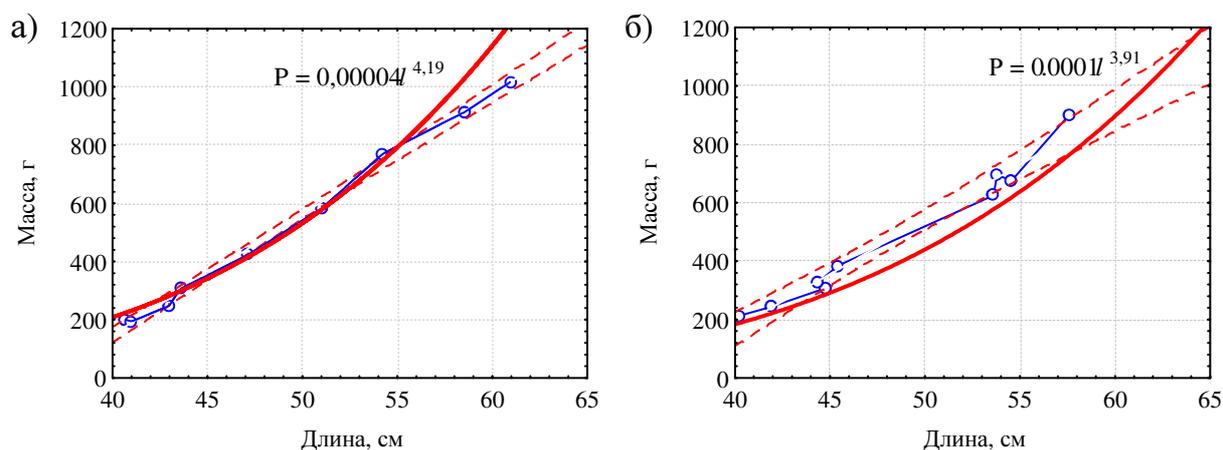
Анализ уравнений степенной функции, которыми выражается зависимость масса-длина у годовиков гибрида «сибирский осётр × белуга» и сибир-

ского осетра (рис. 2), позволяет сделать некоторые заключения относительно особенностей роста этих осетровых.

Коэффициент  $a$  в функции имеет значение 0.00004 для гибрида и 0.0001 – для сибирского осетра. В биологической интерпретации уравнения роста этот коэффициент характеризует вытянутость тела рыбы (Зотина, Зотин, 1967). Сравнение коэффициентов  $a$ , рассчитанных для выращиваемой рыбы, показы-

**Таблица 6.** Динамика показателей роста гибрида "СО×Б" и сибирского осетра в течение второго вегетационного периода

Дата	Относительный прирост, %		Среднесуточный прирост, г/сут.		Удельная скорость роста		Коэффициент массонакопления		Затраты корма на 1 кг прироста	
	Гибрид	Сибирский осётр	Гибрид	Сибирский осётр	Гибрид	Сибирский осётр	Гибрид	Сибирский осётр	Гибрид	Сибирский осётр
30.07	16.18	30.60	7.44	13.88	0.01622	0.03084	0.13	0.24	2.96	1.40
10.08	15.78	17.66	7.74	9.21	0.01438	0.01610	0.12	0.13	2.49	2.50
20.08	28.01	10.80	18.96	7.13	0.02820	0.01081	0.25	0.09	0.96	2.69
30.08	9.40	5.42	7.61	3.87	0.00941	0.00542	0.09	0.05	2.84	5.38
10.08	7.55	8.02	6.05	5.58	0.00686	0.00729	0.07	0.07	2.57	3.26
25.08	10.56	12.10	6.80	6.83	0.00705	0.00807	0.07	0.08	1.68	1.78



**Рис. 2.** Зависимость длина-масса для годовиков а) гибрида и б) сибирского осетра

вает, что годовики гибрида отличаются большей вытянутостью тела, чем годовики сибирского осетра. Более важным показателем является коэффициент  $b$ , характеризующий изменение формы тела во время роста. Для рыб и подопытной, и контрольной групп этот коэффициент больше трёх, что говорит о том,

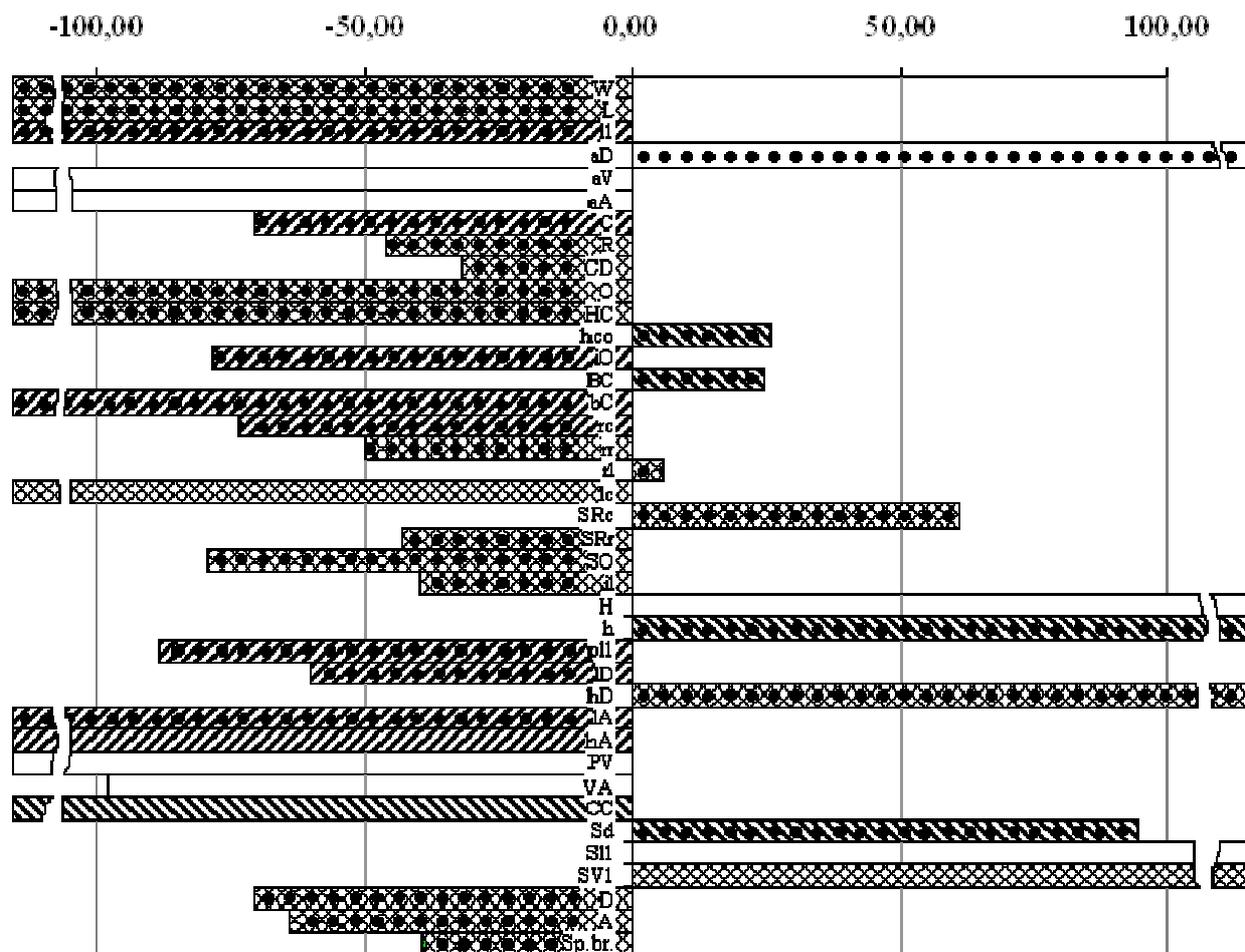
что обхват обоих видов рыб увеличивается быстрее, чем длина (Зотина, Зотин, 1967). У гибридов коэффициент  $b$  (4.19) больше, чем у сибирского осетра (3.91), следовательно, можно говорить о том, что гибрид между сибирским осетром и белугой имеет тенденцию к более быстрому массонакоплению. При этом масса гибрида увеличивается в основном за счёт увеличения обхвата тела, что говорит о высоких продукционных свойствах гибридов. Проведенное нами экспериментальное выращивание гибрида "СО×Б" в течение двух лет продемонстрировало его преимущества в росте перед сибирским осетром.

#### Глава 4. Морфометрическая характеристика гибрида «СО × Б»

Типичная окраска тела гибрида полностью проявляется к двухмесячному возрасту и сходна как с сибирским осетром (от светло-серого до тёмно-серого), так и белугой (бронзовый «белужий» оттенок). Судя по экстерьерным показателям (табл. 7), гибрид «СО×Б» в бóльшей степени наследует материнские

**Таблица 7.** Некоторые морфометрические показатели гибрида

Показатель	M±m, %	σ	CV	Трансгрессия, %		Достоверность различий		
				с Б	с СО	с Б	с СО	Б и СО
М, г	185.7±9.33	66	35.5	100	100	9.94	6.04	-5.53
TL, см	36.8±0.58	4.13	11.2	85	100	9.82	7.47	-4.2
в % от длины тела								
C	8.8±0.12	0.88	9.97	84.7	86.2	9.92	8.98	-2.39
в % от длины головы								
R	4.5±0.07	0.52	11.5	71.3	97.9	12.14	6.31	-6.68
BC	3.4±0.07	0.47	13.8	93.2	92.2	7.49	8.2	0.55
SO	2.2±0.03	0.21	9.11	100	79.7	-4.03	11.13	14.78
il	0.5±0.01	0.08	15.5	100	2.1	-19.95	23.8	38.11
H	4.0±0.08	0.6	15	92.8	100	7.68	5.13	-3.4
h	1.1±0.03	0.21	19.9	98.2	100	7.51	8.13	0.2
CC	12.7±0.26	1.84	14.5	–	100		4.49	-47.43
Sd	12.9±0.13	0.91	7.05	100	100	0.09	-3.14	-2.69
S11	42.6±0.37	2.65	6.21	100	100	0.49	1.91	1.46
SV1	9.0±0.13	0.89	9.89	100	91	-6.24	-8.21	-0.84
меристические признаки								
D	45.0±0.42	3	6.67	3.56	100	-28.51	4.57	45.42
A	24.2±0.32	2.26	9.33	31.4	100	-17.43	3.99	21.55
Sp. br.	27.4±0.35	2.44	8.9	87.5	100	8.82	-2.97	-10.5



**Рис. 3.** Гибридные индексы сеголеток гибрида «сибирский осётр × белуга». □ – достоверно не отличается от родительских видов, ▨ – достоверно отличается от обоих родительских видов ( $p > 95\%$ ), ▧ – достоверно отличается от отцовского вида ( $p > 95\%$ ), ▩ – достоверно отличается от материнского вида ( $p > 95\%$ ), ●●● – признаки, достоверно различающиеся у родительских видов ( $p > 95\%$ ).

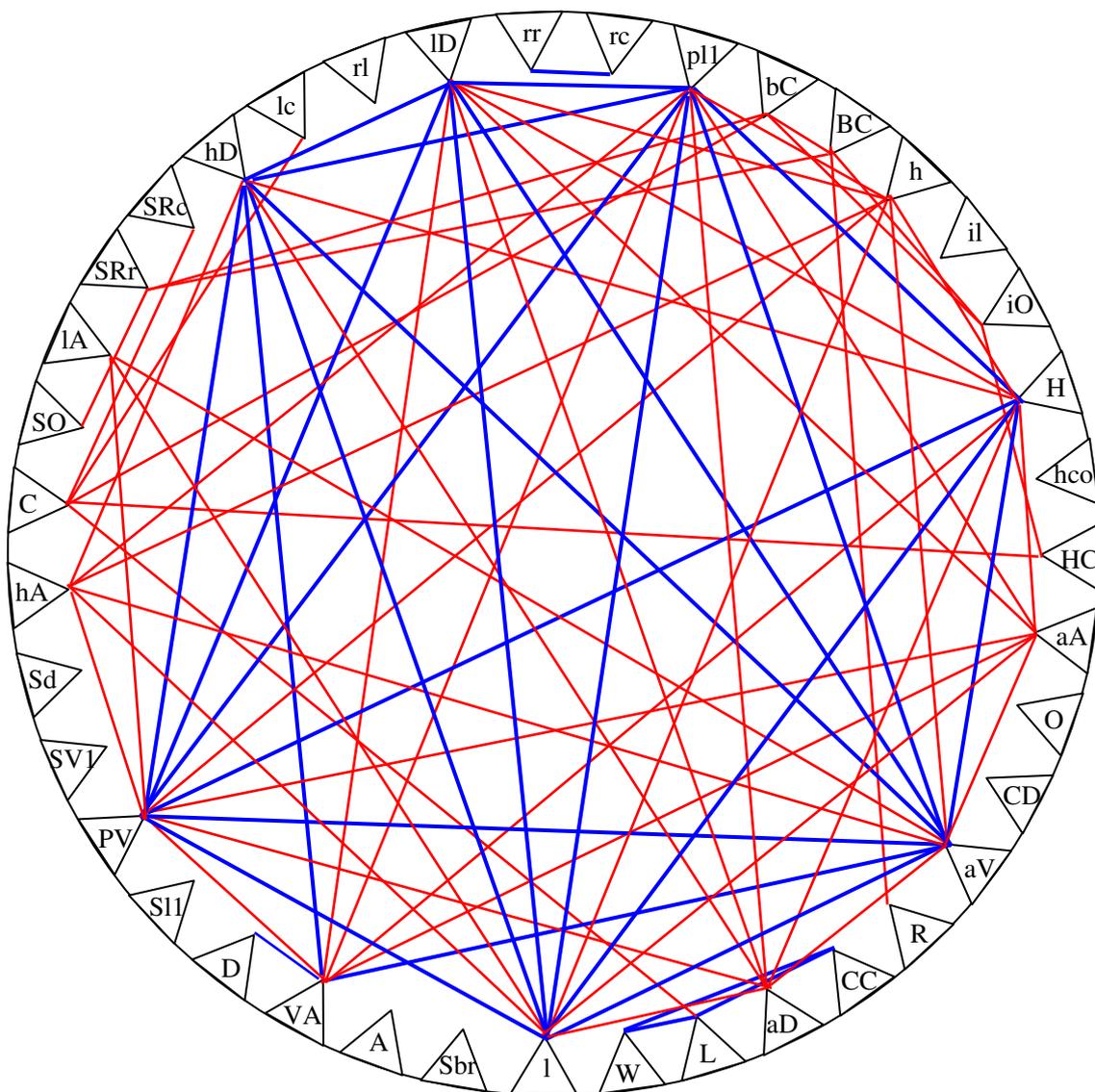
W – масса, г или кг; TL – длина зоологическая, см; l1 – длина тела до конца средних лучей C; aD – антедорсальное расстояние; aV – антевентральное расстояние; aA – антеанальное расстояние; C – длина головы; R – длина рыла; CD – заглазничный отдел; O – горизонтальный диаметр глаза; HC – наибольшая высота головы (у затылка); hco – наименьшая высота головы (на уровне глаз); iO – межглазничное пространство (ширина лба); BC – наибольшая ширина головы; bC – ширина головы по верхним краям жаберных крышек; rc – расстояние от конца рыла до линии, проходящей через середину основания средней пары усиков; r1 – расстояние от конца рыла до хрящевого свода рта; lC – длина наибольшего усика; SRc – ширина рыла у основания средних усиков; SRr – ширина рыла у хрящевого свода рта; SO – ширина рта; il – ширина перерыва нижней губы; H – наибольшая высота тела; h – наименьшая высота тела; pl1 – длина хвостового стебля; lD – длина основания D; hD – высота D; lA – длина основания A; hA – высота A; PV – пектоанальное расстояние; VA – вентроанальное расстояние; CC – наибольший обхват тела; Sd – число спинных жучек; Sll – число боковых жучек слева; SVl – число брюшных жучек слева; D – число лучей в D; A – число лучей в A; Sp.br. – число тычинок на первой жаберной дуге.

признаки, то есть проявляется эффект матроклинии (рис. 3). Основные отличия от сибирского осетра проявляются именно в признаках головы. Например, усики, как и у сибирского осетра, без бахромы, в поперечном сечении овальные, все одинаковой длины и не достигают края верхней губы. Однако, рот по ширине занимает промежуточное положение между родительскими видами, уклоняясь в сторону отца - белуги. По форме рот «слабо полулунный», то есть больше похож на белужий, чем на сибирского осетра, хотя по ширине занимает промежуточное положение между родительскими видами. Нижняя губа прервана, перерыв нижней губы составляет 23%, что занимает промежуточное положение между сибирским осетром и белугой, соответственно 11% и 39%.

Показано, что изучаемый гибрид из 39 признаков по большинству имеет отклонение в сторону материнского вида – сибирского осетра. При этом различие с родительскими видами статистически достоверно по большинству признаков (33). Гибрид достоверно отличается от белуги по 23 пластическим показателям из 30, и по 4 из 6 меристических показателей. Эти цифры для сибирского осетра равны соответственно 18 из 33 пластических признаков, и 5 из 6 меристических. Одновременно от обоих родителей гибрид отличается по 14 пластическим и 4 меристическим признакам.

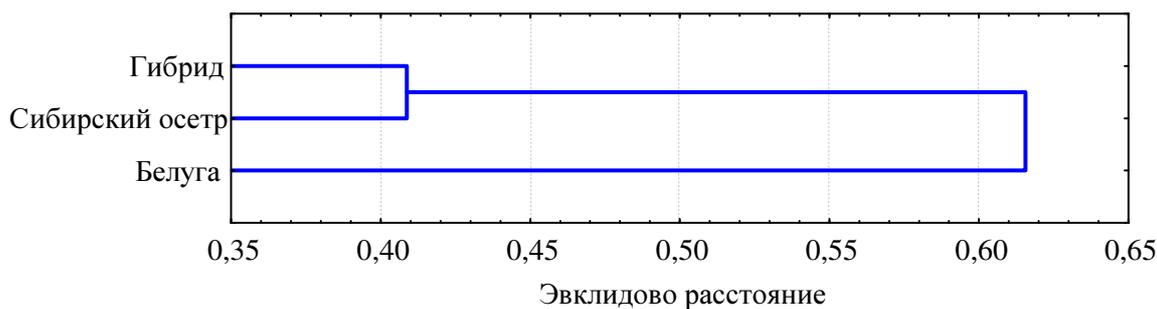
Большинство пластических признаков и меристические признаки не имеют сильной корреляции с длиной тела и длиной головы (рис. 4). Это указывает на то, что у сеголеток гибрида «сибирский осётрхбелуга» относительные пластические и меристические признаки не связаны с размерами тела и остаются постоянными в течение периода выращивания. То есть эти признаки могут являться видоспецифичными. Средняя положительная и отрицательная корреляция некоторых признаков с длиной тела вызывают сомнения – например, корреляция высоты спинного плавника с длиной тела и некоторые другие – и скорее всего, проявляется только от недостаточного количества статистического материала. Высокая корреляция длины тела с наибольшим обхватом тела говорит о том, что при одинаковом приросте длины рыбы накопление массы у

гибридов происходит быстрее, чем у сибирского осетра (0.93 и 0.73, соответственно).



**Рис. 4.** Корреляция между основными показателями для гибридов «сибирский осётр × белуга». — высокая корреляция,  $r > 0.70$ ; — средняя корреляция,  $0.50 > r > 0.70$ ; Обозначения как на рис. 3.

Дендрограмма морфологического сходства (рис. 5), построенная по 39-ти пластическим и меристическим признакам, показывает, что сибирский осётр и его гибрид с белугой чётко объединяются в один кластер, что, как и вышеприведённые данные, свидетельствует о бóльшей степени сходства данного гибрида именно с сибирским осетром.



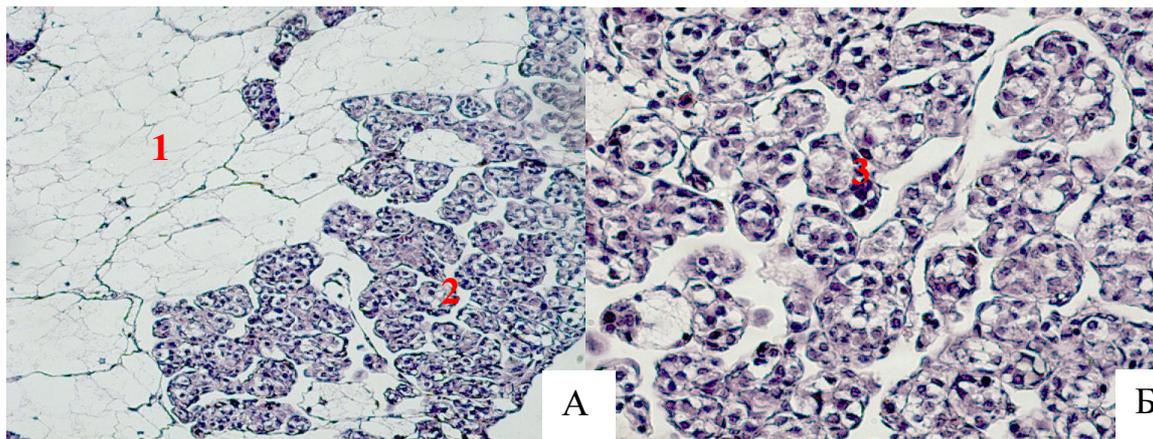
**Рис. 5.** Дендрограмма сходства сибирского осетра, белуги и их гибрида

## **Глава 5. СОСТОЯНИЕ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ГИБРИДА МЕЖДУ СИБИРСКИМ ОСЕТРОМ И БЕЛУГОЙ**

При изучении гистологических срезов гонад гибрида сибирского осетра с белугой наряду с жировой тканью обнаружены участки генеративной с половыми клетками, представленными светлыми сперматогониями, темными сперматогониями типа «А» и «В», а также сперматоцитами I порядка. Судя по гистологическим срезам из различных частей гонады, развитие гамет начинается с краниального участка, что является характерным для созревающих рыб. На фотографиях срезов из различных участков гонады (рис. 6) видно, что в краниальной части уже семенные ампулы с несколькими половыми клетками уже хорошо сформированы, а в каудальном конце - их еще нет.

Стадии зрелости гонад данной особи уточняли на основании данных гистологии, ориентируясь на их описания по Шилову (1964), Дюжинову и Серебряковой (1964). Установлено, что гонады у данной особи гибрида находятся на II жировой стадии зрелости, их развитие идет по самцовому типу. В гонаде исследуемого гибрида нами отмечено присутствие светлых и темных сперматогониев обоих типов, также встречаются сперматоциты I – порядка (рис. 6).

На основе наших данных можно заключить, что развитие половой системы данного гибрида идет типично. Каких-либо аномалий на данном этапе не обнаружено, так что пока нет предпосылок считать гибрид сибирского осетра с белугой стерильным, как это мы предполагали в начале наших исследований.



**Рис. 6.** Семенник гибрида сибирский осетр х белуга на II жировой стадии зрелости: А - увеличение  $10 \times 20$ ; Б - увеличение  $10 \times 40$ ; 1 – жировые клетки; 2 – семенные ампулы; 3 – сперматогонии.

## **Глава 6. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ ГИБРИДОВ СИБИРСКОГО ОСЕТРА *ACIPENSER BAERII* И БЕЛУГИ *HUSO HUSO***

Полученные данные легли в основу «Технологии получения и выращивания гибрида сибирского осетра (*Acipenser baerii*) и белуги (*Huso huso*)» (Новосадов и др., 2008). При ее разработке ориентировались на предыдущий и собственный опыт разведения разных видов осетровых рыб и их гибридов, а также опубликованные нормативные и методические. Технология обобщает материалы многолетних работ на осетровом рыбоводном хозяйстве при Электрогорской ГРЭС-3 им. Классона и охватывает все рыбоводные этапы получения и выращивания гибрида «СО×Б».

Результаты проведенных исследований внедрены в практику товарного рыбоводства. "Технология ..." внедрена на двух товарных рыбоводных хозяйствах центральной России: осетровом рыбоводном хозяйстве при Электрогорской ГРЭС-3 им. Р.Э. Классона (Московская область) и рыбоводном хозяйстве Алексинского химического комбината (Калужская область).

## ВЫВОДЫ

1. Получен межродовой гибрид между сибирским осетром и белугой, не имеющий отклонений от нормы на этапах оплодотворения и вылупления.

2. Выживаемость гибрида «СО×Б» к концу первого вегетационного сезона составила 78%. Сеголетки гибрида «СО×Б» к концу вегетационного периода достигают средней массы 203 г, двухлетки - 1016 г, достоверно (на 13%) превышая по этому показателю двухлеток материнского вида - сибирского осетра.

3. Рост гибридов описывается уравнением  $P=0.00004 l^{4.19}$ , причем приросты обхвата (СС) и высоты (Н) тела увеличиваются быстрее, чем у материнского вида ( $P=0.0001 l^{3.91}$ ).

4. Общая рыбопродуктивность двухлеток гибрида «СО×Б» при выращивании в садках на 20% больше, чем у сибирского осетра в тех же условиях.

5. Гибрид «СО× Б» наследует родительские признаки по матроклинному типу, достоверно отличаясь от сибирского осетра по 23-м пластическим и меристическим признакам, от белуги – по 27. Высокий показатель трансгрессии с сибирским осетром выявлен для 37 признаков, с белугой – для 30. По 26 гибридным индексам гибрид «СО×Б» уклоняется в сторону матери, по 11 – в сторону отца.

6. Количественным тест-признаком, отличающим гибрид от родительских видов, является ширина перерыва нижней губы (показатель трансгрессии с сибирским осетром 21.2%, с белугой – 41.1%), качественными – форма рта и головы, окраска и экстерьер тела.

7. Кластерный анализ комплекса из 39 пластических и меристических признаков гибрида «СО×Б» и родительских видов подтверждает его большее сходство с сибирским осетром на индивидуальном и групповом уровнях.

8. Половая система самца гибрида «СО×Б» в возрасте 7+ развивается без аномалий, что на данном этапе позволяет считать гибрид не стерильным.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в рекомендуемых изданиях из списка, утверждённого ВАК:

Шишанова Е.И., Маилкова А.В., **Новосадов А.Г.** Осетровые рыбы как объект разведения в искусственных условиях с зимней паузой роста (на примере Электрогорской ГРЭС-3 им. Р.Э. Классона) // Изв. Оренбургского гос. аграрного университета, 2008. № 4 (20). С. 176-179.

### Статьи в других изданиях:

**Новосадов А.Г.**, Маилкова А.В. Рост молоди некоторых гибридов осетровых при выращивании в бассейнах // Пресноводная аквакультура: состояние, тенденция и перспективы развития. Молдова, 2005. С. 50-53.

**Новосадов А.Г.** Результаты выращивания молоди гибрида ленского осетра и белуги // Пресноводная аквакультура: состояние, тенденция и перспективы развития. Молдова, 2005. С. 42-45.

**Новосадов А.Г.**, Маилкова А.В. Рост некоторых гибридов осетровых рыб // Мат-лы Международной научной конференции "Состояние и перспективы развития фермерского рыбоводства аридной зоны", 2005. С. 138-141.

Микодина Е.В., **Новосадов А.Г.** Использование многомерного анализа при изучении гибридов рыб – объектов аквакультуры // Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. "Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов". М.: ВНИРО, 2006. С. 122-124.

Лабенец А.В., **Новосадов А.Г.**, Маилкова А.В., Шишанова Е.И., Чагай В.Н., Бубунец Э.В. Некоторые характеристики половых продуктов самцов сибирского (ленского) и русского осетров из маточного стада р/х Электрогорской ГРЭС // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата. Астрахань, 2007. С. 322-324.

Лабенец А.В., **Новосадов А.Г.**, Трухин Д.А Весовой рост и некоторые технологически значимые показатели, полученные при бассейновом выращивании двухлетков сибирского (ленского) осетра и его гибрида с белугой на полнорационном гранулированном корме // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата. Астрахань, 2007. С. 407-409.

**Новосадов А.Г.**, Маилкова А.В. Репродуктивная характеристика самок сибирского (ленского) осетра и морфологические особенности получаемой от них икры // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата. Астрахань, 2007. С. 330-333.

**Новосадов А.Г.** Основные показатели качества и фертильность спермы самцов белуги ремонтно-маточного стада рыбоводного хозяйства Электрогорской ГРЭС // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоёмов аридного климата. Астрахань, 2007. С. 345-347.

Бубунец Э.В., **Новосадов А.Г.**, Хан Санг Хунг. Практическая работа с производителями осетровых в осетровом хозяйстве Caviar World (Республика Корея) // Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК». Москва, 2007. С. 235-241.

**Новосадов А.Г.**, Бубунец Э.В. Использование гормональных препаратов LHRH - (CONTROL) и Gn-RHa – GONADON (зарубежных аналогов сурфагона) при получении икры от различных видов осетровых в нетрадиционные сроки // Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК». Москва, 2007. С. 241-246.

**Новосадов А.Г.** Альтернативные методы декапсуляции яиц артемии // Рациональное использование пресноводных экосистем – перспективное направление реализации национального проекта «Развитие АПК». Москва, 2007. С. 193-145.

**Новосадов А.Г.**, Лабенец А.В., Шишанова Е.И., Маилкова А.В. Технология получения и выращивания гибрида сибирского осетра и белуги. М.: Россельхозакадемия, 2008. 38 с.

