

АКВАКУЛЬТУРА И ВОСПРОИЗВОДСТВО

Пластические и меристические признаки гибрида «ленбел» (F_1 *Acipenser baerii* × *Huso huso*) в условиях культивирования

DOI

Кандидат биологических наук

А.Г. Новосадов – ведущий научный сотрудник отдела регулирования рыболовства ФГБНУ «ВНИРО»

Кандидат биологических наук

А.В. Новосадова – старший научный сотрудник отдела технологического нормирования ФГБНУ «ВНИРО».

Доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А.В. Жигин – главный научный сотрудник отдела аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ

«ВНИРО»; профессор кафедры аквакультуры и пчеловодства ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»;

Кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Лабенец – старший научный сотрудник, ведущий специалист отдела рыбохозяйственной экспертизы сооружений и технологий, оказывающих воздействие на ВБР и среду их обитания ФГБУ «ЦУРЭН».

Доктор сельскохозяйственных наук

Э.В. Бубунец – начальник отдела рыбохозяйственной экспертизы сооружений и технологий, оказывающих воздействие на ВБР и среду их обитания ФГБУ «ЦУРЭН»;

доцент кафедры аквакультуры и пчеловодства

ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева»

@ nowosadoff@yandex.ru;
novosadova@vniro.ru

ВВЕДЕНИЕ

Описания естественных гибридов осетровых нетрудно найти во многих ихтиофаунистических работах, проведенных на протяжении полутора столетий [9; 10; 15]. Отечественные ихтиологи ещё в XIX в., на основании собственных исследований, пришли к выводу о том, что некоторая доля внутривидовой изменчивости

PLASTIC AND MERISTIC SIGNS OF THE HYBRID "LENBEL" (F_1 *ACIPENSER BAERII* × *HUSO HUSO*) UNDER CULTIVATION CONDITIONS

Candidate of Biological Sciences **A.G. Novosadov** – Leading Researcher of the Department of Fisheries Regulation of VNIRO

Candidate of Biological Sciences **A.V. Novosadova** – a senior researcher at the Technological Rationing Department of the VNIRO Federal State Budgetary Institution.

Doctor of Agricultural Sciences, Professor **A.V. Zhigin** – Chief Researcher of the Department of Invertebrate Aquaculture of VNIRO; Professor of the Department of Aquaculture and Beekeeping of K.A. Timiryazev Russian State Agricultural Academy;

Candidate of Agricultural Sciences **A.V. Labenets** – a senior researcher, a leading specialist of the Department of Fisheries Expertise of Structures and Technologies that affect the VBR and their habitat of FSBI "TSUREN".

Doctor of Agricultural Sciences **E.V. Bubunets** – Head of the Department of Fisheries Expertise of structures and Technologies that affect the VBR and their habitat of FSBI "TSUREN"; Associate Professor of the Department of Aquaculture and Beekeeping of FSUE HE "RGAU-MSHA named after K.A. Timiryazev"

The hybrid of sturgeon "lenbel" (F_1 ♀ *Acipenser baerii* × ♂ *Huso huso*) was studied by conventional methods for a complex of plastic and meristic signs. It was found that only the horizontal diameter of the eye (O), the greatest height of the head (HC), the distance from the end of the rostrum to the base of the middle antennae (r_1) and to the cartilaginous arch of the mouth (r_2), the width of the snout at the cartilaginous arch of the mouth (SRr), the width of the mouth (SO) and the width of the break of the lower lip (il) for hybrid and beluga, and the width of the lower lip break (il) and the width of the snout at the base of the middle antennae (SR_1) for hybrid and Siberian sturgeon have a transgression index of less than 67%, and can be used to identify the hybrid form. The beluga fingerlings were largely consolidated, and therefore united into a single cluster. Siberian sturgeon and hybrid also form two clearly differentiated clusters, but the intra-group divergence of the hybrid is slightly higher than that of the original forms. In hybrid fingerlings, relative plastic and meristic signs are not related to body size and remain constant during the growing period, that is, they may be specific to it. It is shown that some head measurements can be used for confident identification of the hybrid.

Ключевые слова:

гибриды осетровых, «ленбел» (F_1 ♀ *Acipenser baerii* × ♂ *Huso huso*), меристические и пластические признаки, трансгрессия, кластерный анализ, идентификация.

Keywords:

sturgeon hybrids, "lenbel" (F_1 ♀ *Acipenser baerii* × ♂ *Huso huso*), meristic and plastic signs, transgression, cluster analysis, identification

осетровых кроется в их частом скрещивании между собой.

Известно, что в естественных условиях у этих рыб встречаются гибриды почти всех возможных сочетаний симпатрических видов [1]. В частности, среди волжских осетровых, по разным данным, доля гибридов может составлять от 0,4-1,1 [16] до 9% [8]. При этом про-

центное соотношение гибридов не является постоянным и зависит от многих факторов [6].

В настоящее время, в качестве объектов товарного осетроводства, часто используются гибриды различных видов осетровых. Преимущества гибридизации очевидны: эффект гетерозиса приводит к получению жизнестойкого, быстрорастущего потомства, превосходящего родительские формы по рыбоводно-биологическим показателям, устойчивости к заболеваниям и т.п. [5; 13].

При создании нового гибрида возникает необходимость выявить такое сочетание родительских видов/пород, которое обеспечит максимальное проявление эффекта гетерозиса. Поскольку хозяйственно-полезные признаки обусловлены, как правило, большим количеством генов, предсказать с приемлемой точностью результат того или иного скрещивания невозможно, и определение комбинационной способности проводится экспериментальным путём.

Цель данного исследования – проведение сравнительного морфометрического анализа гибрида сибирского осетра и белуги «ленбел» (F_1 *Acipenser baerii* × *Huso huso*) с родительскими видами и выявление идентифицирующих его показателей. Для этого были изучены пластические и меристические признаки, рассчитаны показатели трансгрессии и проведен кластерный анализ морфометрических данных.

Существующий интерес к использованию гибридов осетровых для товарного выращивания подтверждается значительным количеством научных публикаций, описывающих результаты скрещивания различных видов.

Наиболее распространенным в культуре и, соответственно, полно описанным гибридом является бестер – гибрид белуги и стерляди (*A. ruthenus* × *H. huso*) [5; 13]. Кроме бестера, в осетроводстве используют и других гибридов, в том числе сибирского осетра со стерлядью (*A. baerii* × *A. ruthenus*) [2], сибирского осетра с сахалинским осетром (*A. baerii* × *A. mikadoi*), русского осетра с сибирским осетром (*A. guildenstadti* × *A. baerii*) [21], русского осетра и шипа (*A. guildenstadti* × *A. nudiventris*) [25], стерляди и сибирского осетра (*A. ruthenus* × *A. baerii*) [20], севрюги и ленского осетра (*A. stellatus* × *A. baerii*) [27], стерляди и калуги (*A. ruthenus* × *H. dauricus*) [19].

Практически все рассмотренные гибридные формы в той или иной степени проявляют сходство с материнским видом, т.е. имеет место эффект матроклинии. Использование при гибридизации крупных видов, таких как белуга, калуга, шип позволяет получать потомство с высокой скоростью роста. За счёт эффекта гетерозиса гибриды от таких скрещиваний превосходят по скорости массонакопления даже родительские виды, являющиеся самыми крупными видами осетровых. Использование при скрещиваниях видов с различной плоидностью обычно приводит к отклонению морфометри-

Гибрид осетровых «ленбел» (F_1 ♀ *Acipenser baerii* × ♂ *Huso huso*) исследован общепринятыми методами по комплексу пластических и меристических признаков.

Установлено, что только горизонтальный диаметр глаза (O), наибольшая высота головы (HC), расстояние от конца рostrума до основания средних усиков (r_2) и до хрящевого свода рта (rr), ширина рыла у хрящевого свода рта (SR_1), ширина рта (SO) и ширина перерыва нижней губы (il) для гибрида и белуги, и ширина перерыва нижней губы (il) а также ширина рыла у основания средних усиков (SR_2) для гибрида и сибирского осетра имеют показатель трансгрессии менее 67%, и могут использоваться для идентификации гибридной формы. Сеголетки белуги были в значительной мере консолидированы, и поэтому объединены в единый кластер. Сибирский осётр и гибрид также образуют два чётко дифференцированных кластера, но внутригрупповая дивергенция гибрида несколько выше, чем у исходных форм. У сеголетков гибрида относительные пластические и меристические признаки не связаны с размерами тела и остаются постоянными в течение периода выращивания, то есть могут являться для него специфичными. Показано, что для уверенной идентификации гибрида могут использоваться некоторые промеры головы.

ческих признаков потомства в сторону родителя с большей плоидностью.

Характеристика основных морфометрических показателей является обязательной при описании новых видов рыб и при регистрации новых пород и кроссов. По данным морфометрического анализа можно установить, в какую сторону (материнскую или отцовскую) отклоняются значения учитываемых признаков; обозначить признаки, идентифицирующие гибрид; выявить новообразования, отсутствующие у исходных видов; определить степень наследования признаков, сделать предположения о его продукционных и биологических характеристиках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальной базой послужило рыбное хозяйство при Электрогорской ГРЭС-3 имени Р.Э. Классона. Для получения опытной (гибриды сибирского осетра и белуги) и контрольной (сибирский осётр) групп рыб использовались производители из репродуктивных стад, сформированных из рыб, выращенных в данном хозяйстве.

По биопсийным пробам [3] были отобраны три самки сибирского осетра с гонадами в IV – завершённой стадии зрелости. Для получения спермы было взято по три половозрелых самца сибирского осетра и белуги. Для стимуляции созревания гонад производителей применяли комбинированные инъекции карпового гипо-

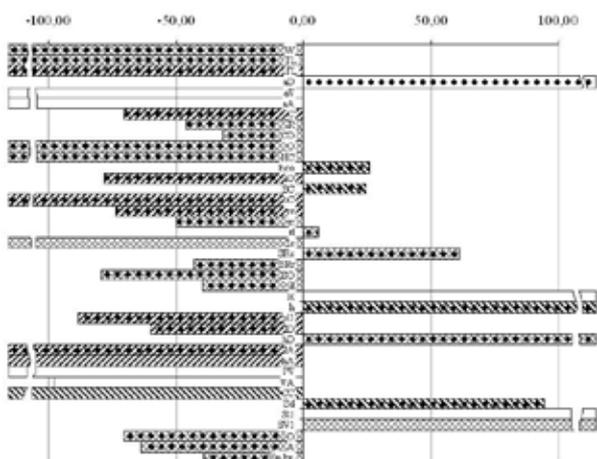


Рисунок 1. Гибридный индекс сеголетков гибрида «*A. baerii* × *H. huso*»: □ – достоверно не отличается от родительских видов; ▨ – достоверно отличается от обоих родительских видов ($p > 95\%$); ▩ – достоверно отличается от отцовского вида ($p > 95\%$); ▪ – достоверно отличается от материнского вида ($p > 95\%$); ●● – признаки, достоверно различающиеся у родительских видов ($p > 95\%$)

Figure 1. Hybrid index of fingerlings of hybrid "*A. baerii* × *H. huso*": □ – reliably does not differ from the parent species; ▨ – reliably differs from both parent species ($p > 95\%$); ▩ – reliably differs from the paternal species ($p > 95\%$); ▪ – reliably differs from the maternal species ($p > 95\%$); ●● – signs significantly different in parent species ($p > 95\%$)

физа и синтетического аналога гонадотропин-рилизинг гормона «Сурфагон» [4].

Работа была выполнена в двух повторностях, при этом инкубация икры проводилась в аппаратах Вейса, а для выдерживания предличинок и подрашивания молоди до 3-5 г использовали стандартные рыбоводные бассейны ИЦА-2 с некоторым дополнительным оборудованием. В дальнейшем молодь массой ≥ 5 г переводили для последующего выращивания в расположенные на открытой площадке бетонные бассейны (4×2×1,5 м) с подачей воды

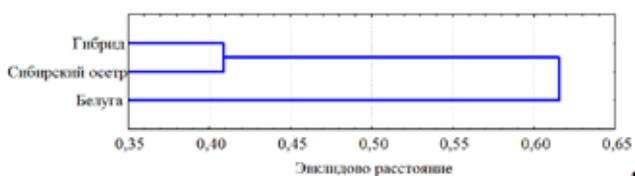


Рисунок 2. Дендрограмма сходства сибирского осетра, белуги и их гибрида

Figure 2. Dendrogram of similarity of Siberian sturgeon, beluga and their hybrid

через «флейты» и полным водообменом 2 раза в час.

При конкурсном выращивании рыб старших возрастов актуальность приобретает вопрос о методической корректности опыта. В классической постановке эксперимента (без учета многофакторного анализа) контрольная и опытная группы должны отличаться только тем показателем, влияние которого подвергается изучению [7]. В нашем случае такой показатель – вид рыб, поэтому стартовое начальное расхождение по размерно-весовым показателям исключается. Исходя из этого, было принято решение работать с выборкой, выровненной по массе. Для нивелирования недостатков этого метода сравнение показателей роста проводили по относительным показателям и эмпирическим формулам роста.

Сеголетков взвешивали на аналитических весах; линейные показатели определяли при помощи измерительных шкал с сеткой разного размера и мерной доски. Измерения проводили в конце вегетационного периода по схеме И.Ф. Правдина для рыб семейства *Acipenseridae* в модификации В.Д. Крыловой и Л.И. Соколова (1981): *W* – масса, г или кг; *L* – длина зоологическая, см; *l₁* – длина тела до конца средних лучей *C*; *aD* – антедорсальное расстояние; *aV* – антеанальное расстояние; *aA* – антеанальное расстояние; *C* – длина головы; *R* – длина рыла; *CD* – заглазничный отдел; *O* – горизонтальный диаметр глаза; *HC* – наибольшая высота головы (у затылка); *hc* – 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; *r_r* – расстояние от конца рыла до хрящевого свода рта; *rl* – расстояние от основания средней пары усиков до хрящевого свода рта; *lc* – длина наибольшего усика; *SR_c* – ширина рыла у основания средних усиков; *SR_r* – 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; *Sl₁* – число боковых жучек слева; *SV₁* – число брюшных жучек слева; *D* – число лучей в *D*; *A* – число лучей в *A*; *Sp.br.* – число тычинок на первой жаберной дуге. Все измерения выполнены на живых рыбах.

Полученные данные статистически обрабатывались с использованием общепринятых в биологии методов [24], при помощи программных пакетов STATISTICA 8.0 и Microsoft Excel. Определяли среднее значение с ошибкой ($M \pm m$), среднеквадратическое отклонение (σ), коэффициенты вариации (*Cv*), асимметрии (*A*)

и эксцесса (E). Для расчета показателя трансгрессии использован Microsoft Excel и соответствующие алгоритмы [17]. Корреляционные связи между признаками представлены графически в виде «корреляционного кольца» [23].

Кластерный анализ морфометрических данных реализован в программе STATISTICA 8.0. Кластеризование осуществляли по иерархическому агломеративному алгоритму методом одиночной связи или «ближнего соседа»:

$$\rho_{\min}(S_i, S_m) = \min \rho(x_i, x_j);$$

$$x_i \in S_i;$$

$$x_j \in S_m.$$

Здесь расстояние между кластерами определяется расстоянием между двумя наиболее близкими объектами в разных кластерах. Этот метод позволяет выделять кластеры сколь угодно сложной формы, какими обычно и являются биологические группы.

В качестве меры сходства использовалось обычное евклидово расстояние:

$$\rho_E(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{l=1}^k (x_{il} - x_{jl})^2},$$

где x_i, x_j – величина l -й компоненты у i -го (j -го) объекта ($l=1, 2, 3, \dots, k; i, j=1, 2, 3, \dots, n$).

Так как многие учитываемые признаки имеют различную размерность, чтобы избежать доминирования одних показателей над другими, прибегли к нормированию каждого признака путём деления центрированной величины на среднее квадратическое отклонение для каждого признака, и перешли от матрицы X к нормированной матрице с элементами:

$$x_{il}^H = (x_{il} - \bar{x}_l) / S_l,$$

где: x_{il} – значение l -го признака i -го объекта;
 \bar{x}_l – среднее значение l -го признака;

S_l – среднее квадратическое отклонение l -го признака.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Морфометрические исследования сеголетков сибирского осетра и его гибрида с белугой были проведены одновременно. Так как на момент проведения работ получение сеголетков белуги было невозможным из-за отсутствия половозрелых самок, для сравнительного анализа использованы морфометрические характеристики сеголетков белуги, полученных от обитающих в состоянии естественной свободы производителей, которые были любезно предоставлены авторам лауреатом премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, кандидатом биологических наук В.Д. Крыловой.

Для сравнения гибридов с родительскими формами удобным и объективным способом является вычисление гибридного индекса и его последующее графическое отображение [12]. Величина гибридного индекса у гибрида

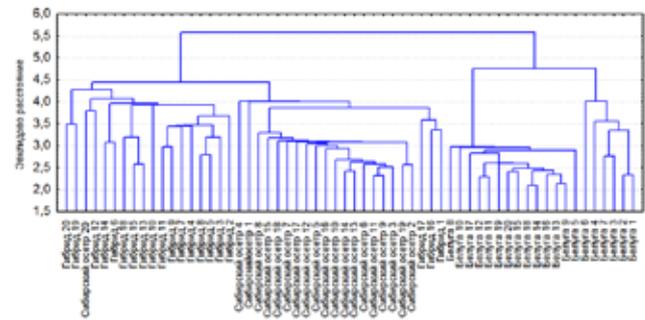


Рисунок 3. Дендрограмма внутри- и межгруппового сходства особей сибирского осетра ($n=20$), белуги ($n=20$) и их гибрида ($n=20$)

Figure 3. Dendrogram of intra- and intergroup similarity of Siberian sturgeon ($n=20$), beluga ($n=20$) and their hybrid ($n=20$)

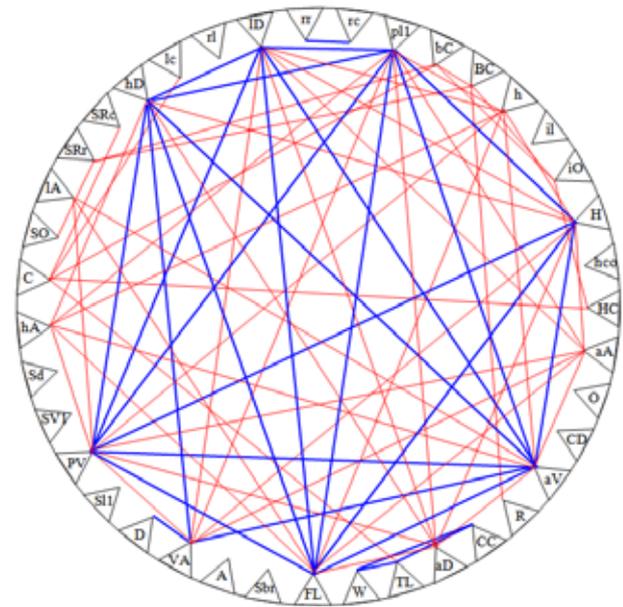


Рисунок 4. Корреляция между основными показателями гибридов «*A. baerii* × *H. huso*»: синие линии – сильная корреляция, $r > 0,70$; красные линии – средняя корреляция, $0,50 < r < 0,70$

Figure 4. Correlation between the main indicators of hybrids "A. baerii × H. huso": blue lines – strong correlation, $r > 0.70$; red lines – average correlation, $0.50 < r < 0.70$

A. baerii × *H. huso* из 39 проанализированных показателей достоверно различается по 33 (рис. 1). При этом отрицательные значения свидетельствуют об отклонении признака в материнскую сторону, положительные – в отцовскую.

Статистический материал, представляемый в табличной форме, способен подробно охарактеризовать гибридную форму и её различия с исходными видами. Однако табличная форма презентации данных громоздка, не об-

ладает необходимой наглядностью и не позволяет проводить сравнение сразу по комплексу признаков. Поэтому всегда желательно иметь визуально более доступную информацию о степени сходства гибридов с исходными формами. Для этих целей весьма перспективным является использование методов многомерного анализа.

Существует множество алгоритмов кластерного анализа, в рассматриваемом случае для решения поставленных задач наиболее адекватен иерархический агломеративный анализ, который характеризуется последовательным объединением исходных элементов и соответствующим уменьшением числа кластеров.

Дендрограмма морфологического сходства (рис. 2), построенная по комплексу из 39 пластических и меристических признаков, весьма наглядно показывает, что сибирский осётр и его гибрид с белугой чётко объединяются в один кластер, что, как и другие данные, свидетельствует о большей степени сходства данного гибрида именно с сибирским осетром.

Более детальную информацию о сходстве можно получить, если подвергнуть кластеризации не средние показатели по видам, как на рисунке 3, а индивидуальные показатели каждой особи. Рисунок 4 представляет дендрограмму кластерного анализа для 20 особей каждой

группы (сибирского осетра, белуги и гибрида «ленбел»).

Корреляция между основными показателями для гибридов «сибирский осётр × белуга» отражена на рисунке 4.

ОБСУЖДЕНИЕ

Из-за высокой вариабельности гибрид «ленбел», по большинству признаков кроме упомянутых выше, трансгрессирует с обеими родительскими формами, что затрудняет дифференциацию гибрида с исходными видами. Вследствие аллометрии роста, относительные значения пластических признаков, как и меристические, либо не коррелируют, либо слабо коррелируют с длиной тела и длиной головы (рис. 4). Последнее указывает на то, что у сеголетков гибрида «сибирский осётр × белуга» относительные пластические и меристические признаки не связаны с размерами тела и остаются постоянными в течение периода выращивания. То есть, эти признаки могут являться специфичными для изучаемых форм. Средняя положительная и отрицательная корреляция некоторых признаков с длиной тела может вызывать определенные сомнения, например, корреляция относительной высоты спинного плавника с длиной тела и некоторые другие, и, скорее всего, является следствием недостаточного количества статистического материала.

По основным экстерьерным показателям гибрид сибирский осётр × белуга уклоняется в материнскую сторону, то есть имеет место эффект матроклинии. Форма головы и тела сходны с сибирским осетром. Окраска молодки варьирует от светло-серой до почти чёрной и неотличима от окраски сибирского осетра. Типичный окрас тела полностью проявляется к двухмесячному возрасту и сходен с окраской сибирского осетра (от светло-серого до тёмно-серого) с бронзовым «белужьим» оттенком. Основные отличия от сибирского осетра проявляются в признаках головы. Голова гибрида по форме сходна с головой сибирского осетра. Усики без бахромы; в поперечном сечении овальные; все одинаковой длины и не достигают края верхней губы. Рот по ширине занимает промежуточное положение между аналогичным показателем родительских видов, отклоняясь в сторону белуги. По форме рот «слабо полулунный», то есть больше похож на белужий, чем на рот сибирского осетра, хотя по ширине занимает промежуточное положение между размерами у родительских видов. Нижняя губа прервана, перерыв нижней губы составляет 23% от ширины рта, и занимает промежуточное положение между данными показателями у сибирского осетра и белуги (соответственно – 11% и 39%).

Если значение гибридного индекса при анализе составляет минус 100%, то признак гибрида полностью совпадает с признаком матери, если – плюс 100%, то с признаком отца. Рисунок 1 показывает, что рассматриваемый гибрид

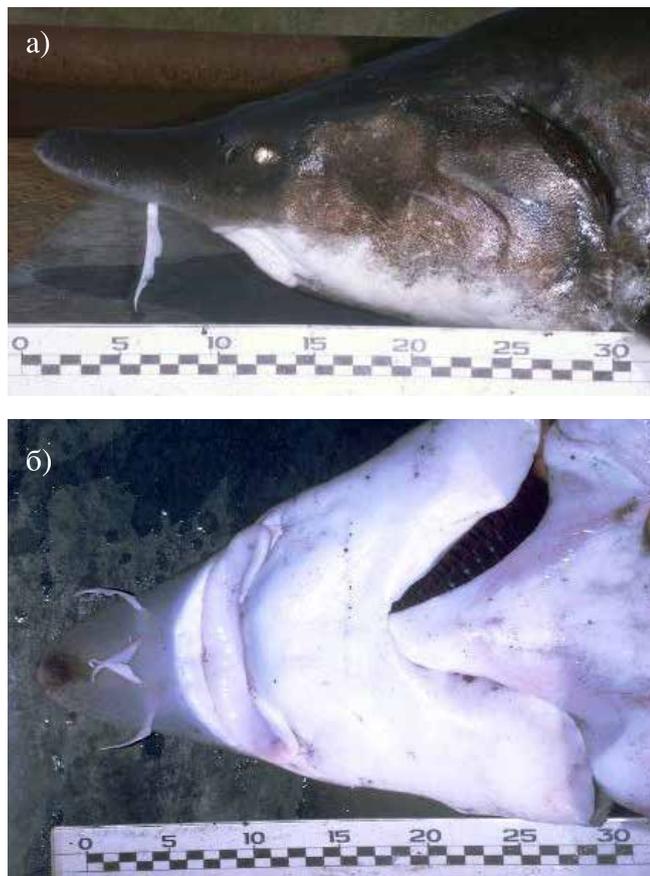


Рисунок 5. Белуга: А) голова вид сбоку; Б) голова вид снизу

Figure 5. Beluga: A) head side view; B) head bottom view



Рисунок 6. Гибрид сибирского осетра и белуги: А) голова вид сбоку; Б) голова вид снизу

Figure 6. Hybrid of Siberian sturgeon and beluga: A) head side view; B) head bottom view



Рисунок 7. Сибирский осетр: А) голова вид сбоку; Б) голова вид снизу

Figure 7. Siberian sturgeon: A) head side view; B) head bottom view

по большинству показателей занимает промежуточное положение между сибирским осетром и белугой. При этом различие с родительскими видами статистически достоверно по большинству признаков (32). Гибрид достоверно отличается от белуги по 23 пластическим показателям из 30, и по 4 из 6 меристических показателей. Для сибирского осетра эти цифры 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 показателей гибридов достоверно отличаются от показателей родительских видов, одновременно значительно трансгрессируя с ними. Кажущееся противоречие объясняется тем, что достоверность разности вычисляется для средних значений признаков, а показатель трансгрессии – для доверительного интервала 99,7%.

Данные о достоверности разности и показатели трансгрессии дают основания для выявления признаков, являющихся диагностическими при дифференциации гибридов и родительских видов. Из пластических признаков только горизонтальный диаметр глаза (O), наиболь-

шая высота головы (HC), расстояние от конца рострума до основания средних усиков (r_c) и до хрящевого свода рта (r_r), а также ширина рыла у хрящевого свода рта (SR_r), ширина рта (SO) и ширина перерыва нижней губы (il) для гибрида и белуги, ширина перерыва нижней губы (il) и ширина рыла у основания средних усиков (SR_c) для гибрида и сибирского осетра имеют показатель трансгрессии менее 67% и могут использоваться для идентификации гибридной формы [18; 26].

Из меристических признаков показатель трансгрессии ниже 67% выявлен только для числа лучей в спинном плавнике (D) и числа лучей в анальном плавнике (A) для гибридной формы и белуги. У исследованных гибридов проявляется значительный матроклинный эффект, показатель трансгрессии с сибирским осетром ниже 67% отмечен только для ширины рыла у основания средней пары усиков (29,22%) и для ширины перерыва нижней губы (21,18%). Тем не менее, при практической работе с гибридами становятся заметны другие признаки, не нашедшие отражения в методиках, но позволяющие достаточно точно отличить гибридную форму от исходных.

На рисунках 5-7 показаны родительские особи в возрасте 10 и 12 лет (сибирский осетр и белуга соответственно) и гибрид в возрасте 6 лет, видно, что такими признаками являются специфическая форма рта (похожая на белужью), форма головы, некоторые другие экстерьерные показатели.

Основные показатели признаков, отличающие гибрид «ленбел» от родительских видов и способные служить тест-признаками, сосредоточены в основном в промерах головы (O , HC , r_s , r_p , SR_s , SR_p) и рта (SO , il).

Поскольку гибрид имеет явно выраженное отклонение морфометрических показателей в сторону материнского вида – сибирского осетра – можно ожидать, что и его продукционные характеристики будут не ниже таковых у сибирского осетра. Это подтверждается результатами работы по товарному выращиванию «ленбела» в Электрогорском рыбноводном хозяйстве, которая показала, что гибрид по темпу роста превосходит сибирского осетра [14].

Рисунок 4, аналогично рисунку 3, содержит информацию о степени сходства объектов. Но, кроме этого, можно выделить ещё некоторые закономерности. Так, измеренные сеголетки белуги в значительной мере консолидированы, и поэтому объединены все в один кластер. Сибирский осётр и гибрид «*A. baerii* × *H. huso*» также образуют два чётко идентифицируемых кластера, но внутригрупповая дивергенция гибрида несколько выше, чем у исходных видов.

Также на дендрограмме видно, что отдельные особи (сибирский осётр 20, а также гибриды 1, 16 и 17) принадлежат чужим кластерам, то есть обладают большим сходством с другим видом, чем со своим. Из исходных данных становится понятно, что это сходство обусловлено в основном пластическими признаками (массой, длиной тела, высотой плавников и т.д.). Как известно, пластические признаки у осетровых рыб отличаются значительной вариабельностью, и поэтому не могут считаться основополагающими при идентификации видов [22].

Многомерный анализ, хотя и не несёт статистической информации, позволяет довольно точно судить о степени сходства гибридов и исходных видов, а также о степени внутригрупповой изменчивости гибридов и исходных видов. Данная информация о сходстве/различии живых объектов по комплексу признаков может быть полезна при организации селекционно-племенной работы по консолидации пород/кроссов, закреплению хозяйственно полезных признаков. Применима она и для проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность.

ВЫВОДЫ

1. Количественным тест-признаком, отличающим изученный 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.

2. Анализ комплекса из 39 пластических и меристических признаков гибрида «ленбел» и родительских видов подтверждает его большее сходство с сибирским осетром на индивидуальном и групповом уровнях.

3. Применённые в работе методы сравнительной статистики могут быть использованы при организации селекционно-племенной работы в рыбноводстве.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ:

1. Берг Л.С. Фауна России и сопредельных стран. Рыбы. Том 1 *Marsipo-branchii, Selachii, Chondrostei*. – СПб.: Изд-во Акад. Наук, 1911. – 337 с.

1. Berg L.S. Fauna of Russia and neighboring countries. Fish. Volume 1 *Marsipo-branchii, Selachii, Chondrostei*. – St. Petersburg: Publishing House of Akad. Sciences, 1911. – 337 p.

2. Богерук А.К. Справочник по племенным рыбноводным хозяйствам Российской Федерации. / А.К. Богерук, Н.Ю. Евтихиева, Н.С. Козловская и др. – М.: ГУП «Агропресс», 2001. – 166 с.

2. Bogeruk A.K. Handbook of breeding fish farms of the Russian Federation. / A.K. Bogeruk, N.Yu. Evthieva, N.S. Kozlovskaya et al. – M.: SUE "Agropress", 2001. – 166 p.

3. Бубунец Э.В. Совершенствование биопсийного метода определения стадии зрелости гонад у рыб при искусственном воспроизводстве / Э.В. Бубунец, А.Г. Новосадов, А.В. Жигин, А.В. Лабенец // Рыбное хозяйство. – 2020. – №3. – С.101-108. DOI 10.37663/0131-6184-2020-3-101-108

3. Bubunets E.V. Improvement of the biopsy method for determining the maturity stage of gonads in fish during artificial reproduction / E.V. Bubunets, A.G. Novosadov, A.V. Zhigin, A.V. Labenets // Fisheries. – 2020. – No.3. – Pp.101-108. DOI 10.37663/0131-6184-2020-3-101-108

4. Бубунец Э.В. Инновационная модель комбинированного стимулирования овуляции у осетровых рыб и цитометрические особенности продуцируемых ооцитов / Э.В. Бубунец, А.О. Ревякин, А.В. Лабенец // Биомедицина. – 2014. – № 4. – С. 65-69.

4. Bubunets E.V. Innovative model of combined ovulation stimulation in sturgeon fish and cytometric features of produced oocytes / E.V. Bubunets, A.O. Revyakin, A.V. Labenets // Biomedicine. - 2014. – No. 4. – Pp. 65-69.

5. Бурцев И.А. Биологические основы полноциклового культивирования осетровых рыб и создания новых пород методами гибридизации и селекции: Автореф. дис. докт. биол. наук. – М.: ВНИРО, 2013. – 47 с.

5. Burtsev I.A. Biological bases of full-cycle cultivation of sturgeon fish and creation of new breeds by methods of hybridization and selection: Abstract. dis. doct. biol. nauk. – M.: VNIRO, 2013. – 47 p.

6. Глухов А.Л. Встречаемость гибридов осетровых в естественных условиях в р. Волге / А.Л. Глухов, А.Ф. Скосырский // Промышленная гибридизация рыб: Сборник научных трудов. – Л.: ГосНИОРХ НПО «Промрыбвод», 1983. – С. 45-56.

6. Glukhov A.L. Occurrence of sturgeon hybrids in natural conditions in the Volga River / A.L. Glukhov, A.F. Skosyrsky // Industrial hybridization of fish: A collection of scientific papers. – L.: GosNIORH NPO Promrybvod, 1983. – Pp. 45-56.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

7. Dospekhov B.A. Methodology of field experience. – M.: Kolos, 1985. – 416 p.

8. Дюжиков А.Т. О естественной гибридизации осетровых рыб на р. Волге // Докл. акад. наук СССР, 1959. – Т. 129. – № 1. – С. 194-197.

8. Dyuzhikov A.T. On the natural hybridization of sturgeon fish on the Volga River // Dokl. Academy of Sciences of the USSR, 1959. – Vol. 129. – No. 1. – Pp. 194-197.
9. Зограф Н.Ф. Материалы к познанию организации стерляди // Труды лаборатории при Зоологическом музее Московского университета. Вып. 1. – М., 1887. – 72 с.
9. Zograf N.F. Materials for the knowledge of the sterlet organization // Proceedings of the Laboratory at the Zoological Museum of Moscow University. Issue 1. – M., 1887. – 72 p.
10. Козлов В.И. Экологическое прогнозирование ихтиофауны пресных вод в связи с сохранением видового биоразнообразия и созданием устойчивых рыбных сообществ. Дисс. ... д-ра биол. наук в форме науч. докл. – СПб.: Гос-НИОРХ, 1995. – 48 с.
10. Kozlov V.I. Ecological forecasting of freshwater ichthyofauna in connection with the conservation of species biodiversity and the creation of sustainable fish communities. Diss. ... Doctor of Biological Sciences in the form of a scientific docl. - St. Petersburg: State Research Institute, 1995. – 48 p.
11. Крылова В.Д. Морфологические исследования осетровых рыб и их гибридов (методические рекомендации). / В.Д. Крылова, Л.И. Соколов. – М.: Отдел науч.-технич. информации ВНИРО, 1981. – 49 с.
11. Krylova V.D. Morphological studies of sturgeon fish and their hybrids (methodological recommendations). / V.D. Krylova, L.I. Sokolov. – M.: Department of Scientific and Technical information VNIRO, 1981. – 49 p.
12. Макеева А.П. Гибридизация карпа *Cyprinus carpio* L. с белым амуром *Stenopharyngodon idella* (Val.) / А.П. Макеева, Б.В. Веригин // Вопросы ихтиологии. – 1974. – Т. 14. – Вып. 2 (85). – С. 171-194.
12. Makeeva A.P. Hybridization of carp *Cyprinus carpio* L. with the white cupid *Stenopharyngodon idella* (Val.) / A.P. Makeeva, B.V. Verigin // Questions of ichthyology. - 1974. – Vol. 14. – Issue 2 (85). – Pp. 171-194.
13. Николукин Н.И. Отдалённая гибридизация осетровых и костистых рыб. Теория и практика. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 335 с.
13. Nikolyukin N.I. Distant hybridization of sturgeon and bony fish. Theory and practice. – M.: Food industry, 1972. – 335 p.
14. Новосадов А.Г. Морфофизиологическая и продукционная характеристики гибрида сибирского осетра *Acipenser baerii* и белуги *Huso huso*. Автореф. дис. канд. биол. наук. М.: ВНИРО, 2011. – 24 с.
14. Novosadov A.G. Morphophysiological and production characteristics of the hybrid of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* and beluga *Huso huso*. Abstract of the dissertation of the candidate. biol. nauk. M.: VNIRO, 2011. – 24 p.
15. Овсянников Ф.В. Об искусственном разведении стерлядей // Труды Второго съезда русских естествоиспытателей по отделам зоологии, анатомии и физиологии. – М., 1871. – С. 191-200.
15. Ovsyannikov F.V. On artificial breeding of sterlets // Proceedings of the Second Congress of Russian naturalists in the departments of zoology, anatomy and physiology. – M., 1871. – Pp. 191-200.
16. Павлов А.В. Материалы по ходу и составу стада осетровых в р. Волге в 1958-1962 г. // Труды ВНИРО. – 1964. – Т. 54. – Вып. 2. – С. 137-156.
16. Pavlov P.A. Materials on the course and composition of the herd of sturgeon in the Volga River in 1958-1962 // Proceedings of VNIRO. – 1964. – Vol. 54. – Issue. 2. – Pp. 137-156.
17. Плохинский Н.А. Биометрия. – Новосибирск: Сибирское отделение АН СССР, 1961. – 361 с.
17. Plokhinsky A.V. Biometrics. – Novosibirsk: Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, 1961. – 361 p.
18. Потапова Т.Л. Внутривидовая изменчивость трёхиглой колюшки (*Gasterosteus aculeatus* L.) // Вопросы ихтиологии. – 1972. – Т. 12. – Вып. 1. – С. 25-40.
18. Potapova T.L. Intraspecific variability of the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) // Questions of ichthyology. – 1972. – Vol. 12. – Issue 1. – Pp. 25-40.
19. Рачек Е.И. Рыбоводно-биологическая характеристика прямых и возвратных гибридов стерляди с калугой при выращивании на тёплых водах приморья. // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к 20-летию открытия в Кубанском государственном университете направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура». – Краснодар, 2018. – С. 381-387
19. Rachek E.I. Fish-breeding and biological characteristics of direct and return hybrids of sterlet with kaluga when grown in warm waters of Primorye. // Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 20th anniversary of the opening of the training course "Aquatic bioresources and aquaculture" at the Kuban State University. – Krasnodar, 2018. – Pp. 381-387
20. Речинский В.В. Рыбоводно-биологическая характеристика гибридов стерляди с сибирским осетром: диссертация ... канд. биол. наук: 03.00.10. – Москва, 2003. – 125 с.
20. Rechinsky V.V. Fish-breeding and biological characteristics of sterlet hybrids with Siberian sturgeon: dissertation ... cand. biol. nauk: 03.00.10. – Moscow, 2003. – 125 p.
21. Сафронов А.С., Филиппова О.П. Опыт эксплуатации маточного стада осетровых рыб в тепловодном садковом хозяйстве "Кадуьрыбхоз" Вологодской области // Тез. докл. Межд. конф.: «Осетровые на рубеже XXI века». Астрахань: Изд-во: КаспНИРХ, 2000. – С. 319-320.
21. Safronov A.S., Filippova O.P. The experience of operating a brood stock of sturgeon fish in a warm-water cage farm "Kaduyrybkhov" of the Vologda region // Tez. dokl. International conference: "Sturgeon at the turn of the XXI century". Astrakhan: Publishing House: KaspNIRKh, 2000. – Pp. 319-320.
22. Слущкий Е.С. Фенотипическая изменчивость рыб (селекционный аспект) // Л.: Известия ГосНИИ озёрного и речного рыбного хозяйства. – 1978. – Т. 134. – С.3-132.
22. Slutsky E.S. Phenotypic variability of fish (breeding aspect) // L.: Izvestiya GosNII ozernogo i rechnoy fish farming. – 1978. – Vol. 134. – Pp. 3-132.
23. Терентьев П.В. Дальнейшее развитие метода корреляционных плед // Применение математических методов в биологии. – Л., 1960. – С. 27-36.
23. Terentyev P.V. Further development of the method of correlation pleiades // Application of mathematical methods in biology. – L., 1960. – Pp. 27-36.
24. Урбах В.Ю. Биометрические методы. – М.: Наука, 1964. – 416 с.
24. Urbach V.Yu. Biometric methods. – M.: Nauka, 1964. – 416 p.
25. Федосеева Е.А. Рыбоводно-биологическая и морфофизиологическая характеристика гибридов русского осетра.: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М., 2004. – 24 с.
25. Fedoseeva E.A. Fish-breeding-biological and morphophysiological characteristics of Russian sturgeon hybrids.: Abstract of the dissertation of the candidate. biol. nauk. – M., 2004. – 24 p.
26. Филипченко Ю.А. Изменчивость и методы её изучения. – Петроград: Государственное издательство, 1923. – 237 с.
26. Filipchenko Yu.A. Variability and methods of its study. – Petrograd: State Publishing House, 1923. – 237 p.
27. Шишанова Е.И., Бубунец Э.В. Использование межвидовой гибридизации осетровых для повышения экономической эффективности содержания нетехнологичных видов осетровых рыб в товарных рыбных хозяйствах // Тез. докл. Междунар. науч. конф.: «Инновационные технологии аквакультуры». – Ростов-на Дону: ЮНЦ РАН, 2009. – С. 147-150.
27. Shishanova E.I., Bubunets E.V. The use of interspecific hybridization of sturgeon to increase the economic efficiency of keeping non-technological species of sturgeon in commercial fisheries // Tez. dokl. International Scientific conference: "Innovative technologies of aquaculture". – Rostov-on-Don: YUNTS RAS, 2009. – Pp. 147-150.