

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр  
(ФГУП "ТИНРО-центр")

# СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Научная конференция, посвященная  
*70-летию С.М. Коновалова*

25–27 марта 2008 г.



Владивосток  
2008

**УДК 639.2.053.3**

**Современное состояние водных биоресурсов** : материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. — 976 с.

ISBN 5-89131-078-3

Сборник докладов научной конференции «Современное состояние водных биоресурсов», посвященной 70-летию С.М. Коновалова, доктора биологических наук, профессора, директора ТИНРО в 1973–1983 гг., содержит материалы по пяти секциям: «Биология и ресурсы морских и пресноводных организмов», «Тихоокеанские лососи в пресноводных, эстуарно-прибрежных и морских экосистемах», «Условия обитания водных организмов», «Искусственное разведение гидробионтов», «Биохимические и биотехнологические аспекты переработки гидробионтов».

**ISBN 5-89131-078-3**

© Тихоокеанский научно-исследовательский  
рыбохозяйственный центр (ТИНРО-центр),  
2008

# СТАБИЛЬНОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ОБЛИКА И НАСЛЕДУЕМОСТЬ ПРИЗНАКОВ ПРИ ГИБРИДИЗАЦИИ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

В.А. Паренский<sup>1</sup>, В.И. Скирин<sup>2</sup>, Н.С. Романов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт биологии моря, г. Владивосток, Россия, e-mail: [VAParensky@inbox.ru](mailto:VAParensky@inbox.ru)

<sup>2</sup> ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия

В связи с тем что получено уже большое количество гибридов осетровых рыб, назрела необходимость комплексного анализа достигнутых результатов. Можно сравнить полученные гибриды по различным показателям и сделать вывод о преимуществах того или иного гибрида для выращивания на данном предприятии в имеющихся условиях (интерполяция данных). При этом, скорее всего, обнаружатся различия в результатах, полученных по данным гибридам на разных рыбоводных предприятиях. Причины таких расхождений достаточно очевидны. К ним можно отнести как разнокачественность производителей, так и различия в условиях рыбоводного процесса. Более логичным в данной ситуации представляется детальный «системный» анализ (экстраполяция данных) имеющихся собственных результатов с попыткой их использования для определения потенциальных свойств новых гибридов, которые могут быть получены на основе уже имеющегося племенного стада в относительно стабильных условиях технологического процесса, с целью обеспечения рентабельности предприятия. При этом мы можем проанализировать, соотносятся ли между собой различные характеристики полученных гибридов, а если соотносятся, то каким образом, т.е. выявить и описать характер зависимости интересующей нас характеристики от другой характеристики. Можно надеяться, что анализ имеющихся данных позволит выявить и устранить критические моменты рыбоводного процесса и, таким образом, оптимизировать работу рыбоводного предприятия. Целью данного исследования стала оценка стабильности морфологического облика гибридов и вкладов родительских форм в формирование конкретных свойств потомства (темп линейно-весового роста и выживаемость). На основе полученных результатов выработка подходов к оптимизации системы скрещиваний с целью получения гибридов с заданными свойствами.

## Материалы и методы

Морфологические исследования проводили по схеме и методике ВНИРО (Крылова, Соколов, 1981) на живой рыбе, выращиваемой на научно-экспериментальной базе ТИНРО-центра в пос. Лучегорск. После просчета боковых и брюшных жучек с обеих сторон тела рассчитывали их средние значения, дисперсию флюктуирующей асимметрии (ДФА), дисперсию общей фенотипической изменчивости (ДОФИ), а также среднюю массу и длину тела рыб. Проведено сравнение выборок между собой по этим параметрам. Многолетние исследования подразумевают оценку выживания молоди на разных этапах онтогенеза. Схемы скрещивания, оценки выживания и показатели изменчивости рыб приведены в таблице. При написании названий видов и гибридных форм использованы следующие сокращения: амурский осетр — А; сибирский осетр — С; русский осетр — Р; стерлядь — Ст; калуга — К. Таким образом, гибрид амурского осетра с сибирским записывается как А×С, гибрид стерляди с амурским осетром — как Ст×А и т.д. Первую позицию (слева) в формуле занимает особь женского пола, а позицию справа — особь мужского пола. Основным методом исследования явился регрессионный анализ, посредством которого оценивали степень сопряженности разных компонент изменчивости между собой и их потенциальную детерминированность родительскими вкладами рыб, используемых в гибридизации.

## Результаты и их обсуждение

Проведя парные сравнения «простых» гибридов по разным групповым морфологическим характеристикам (по длине и массе тела, по среднему числу боковых и брюшных жучек, по ДФА по числу боковых и брюшных жучек, по ДОФИ по числу боковых и брюшных жучек), мы можем констатировать, что: 1) наследование признаков по женскому типу (с доминированием генетического вклада самок) наблюдалось в 15 случаях; 2) наследование промежуточного, меж-

ду родительскими, состояния признаков отмечено в 8 случаях; 3) наиболее часто встречаемым типом наследования явилось наследование по мужскому типу — в 19 случаях.

Зависимость доли ДФА от ДОФИ по латеральным и вентральным жучкам у гибридов осетровых рыб (рис. 1) описали зависимостью:

$$ДФА = \frac{100 - a}{1 + \exp(b + (ДОФИ / c)^d)} + a, \quad [1]$$

где  $a, b, c, d$  — коэффициенты.

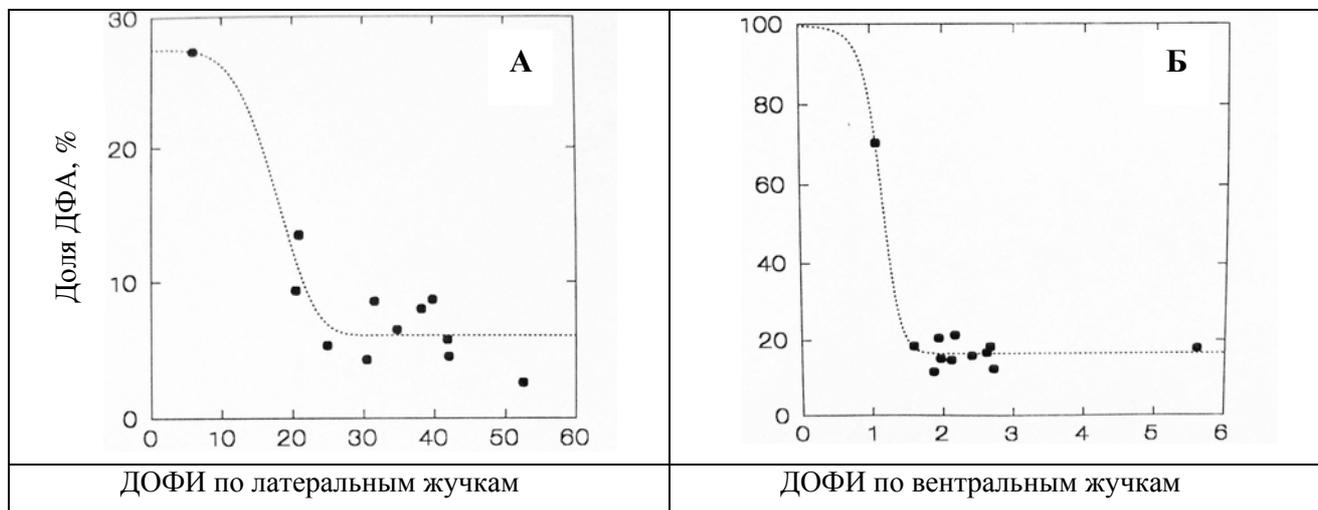


Рис. 1. Зависимость доли ДФА от дисперсии общей фенотипической изменчивости латеральным (А) и вентральным (Б) жучкам у гибридов осетровых рыб

Кроме этого ДФА и ДОФИ описали в виде экспоненциальной зависимости от величин генетических вкладов рыб, использованных при гибридизации:

$$ДФА, ДОФИ = a \times \exp(-(b \times A_f + c \times A_m + d \times C_f + e \times C_m + f \times CT_f + g \times CT_m + h \times P_f + i \times K_m)^2 - (j \times A_f + k \times C_f + l \times CT_f + m \times P_f)^2 - (o \times A_m + p \times C_m + q \times CT_m + r \times K_m)^2), \quad [2]$$

где  $a-r$  — коэффициенты

С использованием такого же уравнения [2] были получены описания влияния генетических вкладов родителей на среднее количество латеральных ( $M_l$ ) и вентральных ( $M_v$ ) жучек, на среднюю длину ( $L$ ) и массу ( $W$ ) двухгодовалых осетров и их гибридов. В изначальном виде модели оказываются избыточными по количеству оцениваемых коэффициентов. Однако часть коэффициентов при генетических вкладах производителей разных видов и разного пола оказываются приблизительно равными друг другу или могут быть представлены в виде функций от других коэффициентов. Таким образом, мы редуцировали, в каждом конкретном случае, количество оцениваемых параметров по возможности до минимума. Полученные коэффициенты для этих моделей в высшей степени значимы, имеют относительные ошибки менее 2 %, детерминации моделей равны 1 (с точностью округления до третьего знака после запятой).

Обнаружено, что выживаемости в разных периодах раннего онтогенеза соотносятся между собой вполне определенным образом. Выживаемость генераций, от закладки икры на инкубацию до сеголеток, связана с выживаемостью от закладки до стадии личинки (рис. 2, А; модель 3).

$$D1 = V_{al} \times \exp(a - V_{al}/b - c/V_{al}). \quad [3]$$

Выживаемость генераций, от закладки икры до двухлетнего возраста, определена выживаемостью от закладки икры на инкубацию до сеголеток (рис. 2, Б; модели 4, 5).

$$D2 = D1 / (1 + a \times \exp(-D1/b)). \quad [4]$$

$$D2 = V_{al} \times \exp(a - V_{al}/b - c/V_{al}) / (1 + a \times \exp(-V_{al} \times \exp(d - V_{al}/b - c/V_{al}))). \quad [5]$$

Характеристика материала, показатели изменчивости и выживаемости осетровых рыб и их гибридов

Вид, гибрид	N	Асс. %	ЧА	Асс. I, %	Асс. v, %	ДФА I	ДФА v	ДФИ I	ДФИ v	M I	M v	L	W	V <sub>al</sub>	D 1	D 2
1. А	50	94,0	0,67	88,0	48,0	6,08	0,80	38,1	1,94	36,4	8,0	51,7	511,8	10,10	1,79	1,30
2. С	100	89,0	0,68	72,0	65,0	4,49	0,98	34,7	2,67	44,8	10,2	47,1	330,9	7,60	2,42	1,14
3. Ст	10	100,0	0,80	90,0	70,0	3,21	2,00	5,9	5,60	58,6	12,3	—	—	68,90	42,50	—
4. СхА	51	88,2	0,61	70,6	51,0	2,76	0,77	52,5	2,41	40,3	9,4	46,9	293,0	1,80	0,68	0,57
5. АхС	32	93,7	0,72	78,1	65,6	6,87	0,68	39,7	2,72	41,4	10,1	49,0	372,9	13,00	8,53	4,84
6. СтхА	30	86,7	0,63	76,7	50,0	4,81	0,88	41,8	2,62	37,4	8,6	44,9	328,1	67,10	48,80	41,90
7. АхСт	29	86,2	0,71	82,8	58,6	3,82	0,93	20,5	2,17	41,6	10,1	47,2	342,8	35,40	24,20	15,60
8. [Сх(Ах х(АхК))]	40	77,5	0,61	75,0	50,0	2,65	0,44	24,9	1,87	41,6	8,9	58,6	660,5	28,20	9,11	4,18
9. (РхС)х х(РхС)	50	84,0	0,60	68,0	52,0	3,81	0,63	42,0	2,12	40,5	9,4	51,1	461,5	18,40	6,73	4,67
10. (РхС)хА	50	78,0	0,52	58,0	46,0	2,61	0,59	30,4	1,59	42,1	9,3	54,3	538,5	81,30	32,80	27,10
11. СтхК	10	100,0	0,85	90,0	80,0	5,61	1,51	20,9	1,07	44,4	9,9	28,3	81,25	50,50	5,40	—
12. [Стх(Ах х(АхК))]	30	83,3	0,58	76,7	40,0	5,37	0,60	31,5	1,97	42,2	9,2	47,4	365,5	40,90	31,10	23,50
13. КхСт	75	88,0	0,66	76,0	56,0	4,41	1,01	26,6	2,12	41,0	10,7	35,0	165,4	77,70	12,00	—

*Примечание.* N — количество, Асс. — доля асимметричных особей, ЧА — средняя частота асимметричного проявления на признак, Асс. I — доля асимметричных особей по числу боковых жучек, Асс. v — то же — по числу брюшных жучек, ДФА I — дисперсия флуктуирующей асимметрии по числу боковых жучек, ДФА v — то же — по числу брюшных жучек, ДФОИ I — дисперсия общей фенотипической изменчивости по числу боковых жучек, ДФОИ v — то же — по числу брюшных жучек, M I — среднее число боковых жучек, M v — то же — брюшных жучек, L — средняя длина тела, W — средняя масса тела, S O — выживание за инкубационный период, D 1 — выживание до сеголетки, D 2 — выживание до двухлетки.

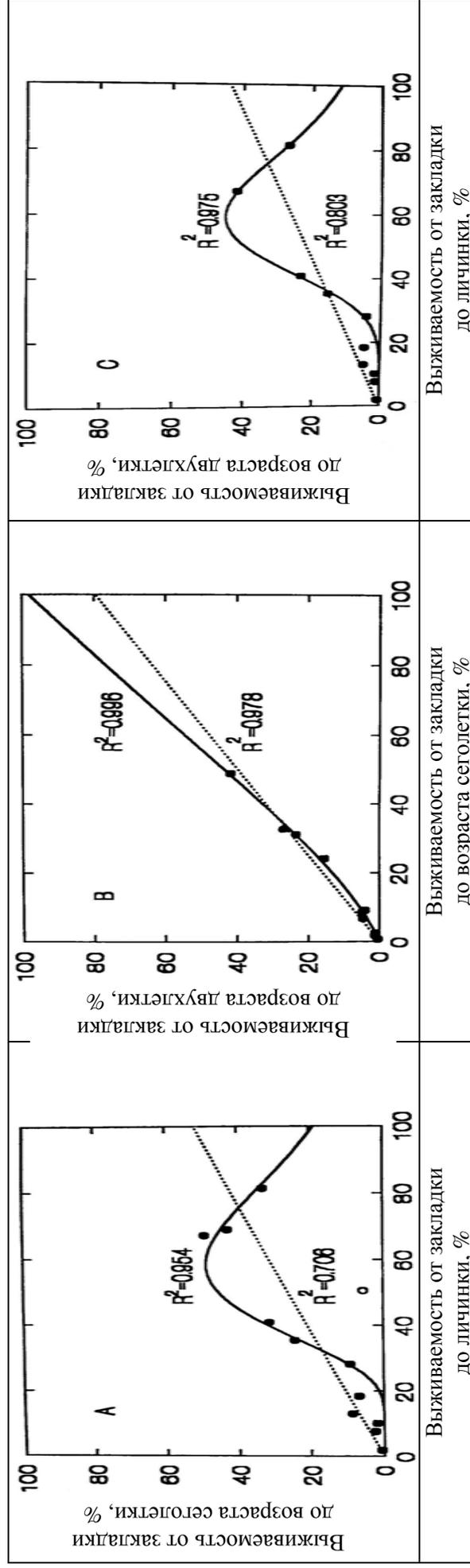


Рис. 2. Сопряженности выживаемости молоди на разных этапах развития: пунктирными линиями обозначены линейные интерполяции этих же данных, не закрашенная точка исключена из рассмотрения для нелинейной модели

Выживание за отдельные периоды (этапы) в связи с генетическими вкладами рыб, использованных в гибридизации, описали следующими зависимостями — за эмбрионально-личиночный период (модель 6):

$$V_{al} = 100 \cdot \exp(-a \cdot A_f + (b + c) \cdot (A_m + S_f - St_f) + d \cdot (A_m - S_m) - b \cdot (S_f + St_m + e \cdot K_m) - c \cdot R_f + f \cdot K_f + e \cdot K_m)^2 - (e \cdot ((b + 1) \cdot S_f - A_f) - a \cdot (St_f + e \cdot (R_f + K_f)))^2 - (c \cdot (A_m - K_m) - e \cdot (S_m + b \cdot K_m))^2); \quad [6]$$

выживание от личинок до сеголеток (модель 7):

$$V_{seg} = 100 \cdot \exp(-a \cdot (A_f + K_m) + b \cdot (A_m + K_f + K_m) - c \cdot (S_f - K_f) - d \cdot S_m - f \cdot (St_f + St_m) - g \cdot (St_f + R_f))^2 - (g^2 \cdot (A_f + St_f) + (b + 2d) \cdot (S_f + R_f + K_f))^2 - (b \cdot A_m + c \cdot S_m + a \cdot (St_m - A_m) + (b + c - 2d) \cdot K_m))^2 \quad [7]$$

и от сеголеток до двухлеток (модель 8):

$$V_{two} = 100 \cdot \exp(-a \cdot (A_f + S_f) - b \cdot (A_m - S_f - St_f - R_f) + c \cdot (S_f + St_m - b \cdot (S_m + K_m) / (a - c)) - d \cdot S_m - e \cdot K_m)^2 - (b \cdot A_f - d \cdot S_f - a \cdot St_f - c \cdot (St_f + R_f))^2 - (-c \cdot A_m + b \cdot S_m + d \cdot St_m - e \cdot K_m))^2 \quad [8]$$

При этом нетрудно заметить, что на первом этапе увеличение родительских вкладов повышает выживаемость, а на последующих этапах — уменьшает. Полученные коэффициенты для этих моделей в высшей степени значимы, имеют относительные ошибки менее 2 %, детерминации моделей равны 1 (с точностью округления до третьего знака после запятой).

Как известно, между длиной (L) и массой (M) у рыб наблюдается достаточно строгое соотношение:  $M = a \cdot L^b$ . У рассматриваемых гибридов эта зависимость выражена очень хорошо ( $R^2 = 0,979$ ). Причем, по своим характеристикам она близка к классической ( $b = 3,044$ ,  $ASE\% < 2$ ). Логично предполагать, в свете предыдущих результатов, что такие характеристики как средняя длина и масса гибридов будут в значительной мере определяться сочетанием генетических вкладов родителей разных видов. Такие зависимости были выявлены (модели 9, 10):

$$L = a \cdot \exp(-(b \cdot A_f + A_m \cdot (d - b) / c + d \cdot C_f + C_m \cdot b / c + C_{ff} \cdot (b + g) - g \cdot C_{tm} + g \cdot P_f - K_m \cdot (d + g))^2 - (d \cdot A_f - b \cdot C_f + C_{ff} \cdot (d - b) / c + b \cdot P_f)^2 - (A_m \cdot (d - b) / c + g \cdot C_m - C_{tm} \cdot (d - b) / c + d \cdot K_m))^2) \quad [9]$$

Из характера взаимодействия родительских вкладов следует, что существенного увеличения длины потомков можно достигнуть только при получении сложных гибридов.

Масса подросших гибридных особей достаточно хорошо описывается через их длину (см. зависимость “длина—масса”) и генетический вклад их родителей ( $R^2 = 0,999$ ).

$$M = (L/a) \cdot b \cdot \exp(-(c \cdot A_f + (c + d) \cdot A_m + c \cdot e^2 \cdot (C_f + C_{tm}) + C_m \cdot c / e + c \cdot e \cdot (C_{ff} + P_f) + f \cdot K_m)^2 - (f \cdot A_f + c \cdot e \cdot C_f + d \cdot C_{ff} + d \cdot P_f)^2 - (c \cdot e \cdot A_m + e \cdot f \cdot C_m + (c + d) \cdot C_{tm} + (c + d) \cdot K_m))^2) \quad [10]$$

### Заключение

Увеличение долей родительских вкладов приводит как к уменьшению дисперсии флюктуирующей асимметрии, так и дисперсии общей фенотипической изменчивости. Общая фенотипическая изменчивость в большей степени уменьшается генетическим вкладом самцов, а дисперсия флюктуирующей асимметрии в большей степени уменьшается генетическим вкладом самок. Таким образом, наименее морфологически изменчивыми являются простые гибриды. Одновременно с этим увеличение доли родительского вклада приводит к увеличению дисперсии флюктуирующей асимметрии, т.е. увеличению доли асимметричных особей у простых гибридов, что может быть связано с различной выживаемостью на ранних этапах развития. Можно предполагать более высокую жизнестойкость простых гибридов.

Все предшествующие результаты характеризуют относительность стабильности морфологического облика при гибридизации, т.е. описывают размывание морфологических границ, существенной компонентой которого является генетическая составляющая.

Важным результатом данной работы следует считать тот факт, что такие селективно важные признаки, как длина и масса тела, в значительной степени детерминированы генетическими вкладами родителей, т.е. темп роста потомства наследуется. В естественных условиях при внутривидовых скрещиваниях темп роста, по-видимому, также наследуется, формируя некоторую генетическую матрицу, действие которой проявляется под воздействием факторов окружающей среды.

Использование самцов калуги в гибридизации с целью получения быстрорастущих особей в условиях данного предприятия неоправданно, так как гибриды с ней обладают наиболее медленным темпом роста. Кроме этого, гибриды с калугой характеризуются высоким уровнем смертности на ранних этапах онтогенеза.

Выживаемость от оплодотворения до стадии личинки и на следующих этапах может быть объяснена влиянием генетических вкладов родителей.

### ЛИТЕРАТУРА

Крылова В.Д., Соколов Л.И. Морфологические исследования осетровых рыб и их гибридов: методические рекомендации. — М.: ВНИРО, 1981. — 49 с.