

# ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597.17:597.442

А. С. Мамонова, Е. И. Шишанова

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОДОМАШНЕННЫХ СТАД РУССКОГО ОСЕТРА (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII*, BRANDT)

Исследовалась генетическая изменчивость потомства от производителей из одомашнированных и природных стад русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt), искусственное воспроизводство которого является основным путем пополнения волжской популяции. Изучены три выборки молоди: Бертиольский осетровый рыбоводный завод (БОРЗ), Астраханская область – потомство диких и одомашнированных производителей; рыбоводный завод Электрогорской ГРЭС, Московская область – потомство одомашнированных производителей. Методом электрофореза исследованы три полиморфные белковые системы: малатдегидрогеназа (*MDG*), лактатдегидрогеназа (*LDH*) и эстераза (*Est*). Анализ относительного содержания гомо- и гетерозиготных генотипов в каждой ферментной системе выявил определенные различия между потомством от одомашнированных и диких производителей. Численность фенотипов локусов *MDG-B1, 2*, содержащих гетерозиготы *100/100–100/160* и *100/160–160/160*, достоверно снижается у потомства одомашнированных производителей на ГРЭС. С этим коррелирует достоверный рост полных гомозигот *100/100–100/100* у молоди, выращенной на ГРЭС. Однако по частотам встречаемости аллелей локусов *MDG-B1, 2* достоверных различий не выявлено, хотя по обоим локусам наблюдается некоторое снижение уровня гетерозиготности у молоди от одомашнированных производителей, выращенной как на БОРЗ, так и на ГРЭС. Согласно исследованию встречаемости фенотипов и частот аллелей локусов *LDH-3, 4*, количество гетерозигот у потомства диких производителей достоверно выше. Других существенных отличий между потомством из разных выборок не наблюдалось. По локусу *Est* наибольшие различия выявлены по показателям встречаемости аллелей *a, b, d* у сеголетков, выращенных и на БОРЗ, и на ГРЭС, при этом между потомством диких и одомашнированных производителей, выращенным на БОРЗ, различия незначительные. В целом можно отметить тенденцию к увеличению гомозиготных генотипов *Est* в выборках сеголетков, полученных от одомашнированных производителей. Выявленная гетерогенность свидетельствует о генетической разнокачественности потомства производителей разного происхождения и существовании разнонаправленного отбора по исследованным ферментам в условиях аквакультуры.

**Ключевые слова:** русский осётр, малатдегидрогеназа, лактатдегидрогеназа, эстераза, дикие производители, одомашнированные производители, потомство, частота встречаемости аллеля, уровень гетерозиготности, генотип.

### Введение

С момента зарегулирования стока Волги наблюдается снижение эффективного естественного воспроизводства осетровых, обусловленное сначала резким сокращением площади и ухудшением состояния нерестилища, а затем – уменьшением попусков воды, резким ростом браконьерства и снижением количества производителей [1–3]. В целом к 2006 г. масштабы естественного воспроизводства русского осетра сократились до 0,45 тыс. т по сравнению с 10,9 тыс. т в 1959–1963 гг. [3].

С начала 2000-х гг. отмечаются сокращение возрастного ряда и ухудшение биологических показателей осетровых рыб в популяции [3]. У всех видов происходит снижение среднего возраста нагуливаемых особей, уменьшение популяционной массы, а также преобладание в популяциях молоди – от 70 до 90 %. В настоящее время русский осётр отнесён к группе редких видов и включён в приложение II CITES (Convention International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) [4].

Восполнение численности русского осетра осуществляется в значительной мере за счёт искусственного воспроизводства. Существует мнение, что доля рыб, поступивших в Каспий с осетровых рыбоводных заводов, составляет в промысловых уловах 36–40 %, и в перспективе, по мере поступления в промысел младших поколений, это соотношение будет расти в пользу «заводских» рыб [2].

В связи с этим в концепции сохранения популяций осетровых рыб и их биологического разнообразия доминирует подход, предполагающий при искусственном воспроизводстве использование максимально возможного количества рыб из разного времени нерестового захода в реку. Однако на практике одомашненные стада осетровых в Астраханской области, и русского осетра в том числе, создаются из тех особей, который оказались доступными для заготовки в качестве производителей при отлове в низовьях Волги или на предустьевом взморье. В настоящее время при заготовке производителей для воспроизводства из-за малочисленности отбираются все более-менее подходящие по своим биологическим параметрам рыбы, поэтому при отборе производителей и формировании доместичированных маточных стад по ряду причин технического и организационного характера пока не учитываются их генетические характеристики.

Литературные сведения о генетической изменчивости популяций русского осетра в Волге ограничены иммуно-генетическими исследованиями В. И. Лукьяненко с соавторами [5], описанием генетико-биохимических параметров в Атласе аллозимов [6], описанием молекулярно-генетической изменчивости [7, 8], а также исследованиями влияния условий воспроизводства на генетико-биохимическую изменчивость русского осетра [9, 10]. Вопросы влияния искусственного воспроизводства и одомашнивания производителей на генетическую изменчивость потомства русского осетра практически не исследованы, хотя генетический мониторинг рыбоводного процесса, наблюдение за созданием генофонда искусственных стад и их взаимодействием с природными популяциями базовых водоёмов является актуальным и неотъемлемым направлением научно-исследовательских работ по восстановлению популяций осетровых рыб и сохранению их генофонда [11].

В связи с этим целью исследований было оценить генетическую изменчивость потомства от производителей из доместичированных и природных стад русского осетра.

#### Материалы и методы исследований

Объектом исследования являлась молодь русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt) в возрасте около 2,5 месяцев, полученная от диких и доместичированных производителей на Бердюльском осетровом рыбоводном заводе (БОРЗ) в Астраханской области и выращенная в прудовых условиях, и молодь в возрасте около 2,5 месяцев, полученная от доместичированных производителей в тепловодном садково-прудовом хозяйстве Электрогорской ГРЭС-3 им. Р. Э. Классона в Московской области и выращенная в промышленных условиях в бассейнах разного типа.

Генетико-биохимические исследования проводили методом электрофореза в полиакриламидном геле [12] в лаборатории Всероссийского научно-исследовательского института ирригационного рыбоводства при участии старшего научного сотрудника канд. биол. наук М. В. Офицера, за что авторы выражают ему благодарность. Отобранные для исследования сеголетки были заморожены и хранились в течение 6 месяцев при температуре  $-18^{\circ}\text{C}$ . В качестве генетических маркеров использовались полиморфные ферментные системы: лактатдегидрогеназа (локус *LDH-3, 4*), малатдегидрогеназа (*MDG-B1, B2*) и эстераза (локус *Est-2*) [6]. Поскольку расшифровка аллельной системы эстеразы не закончена, то ниже рассматриваются только наблюдаемые фенотипы, остальные ферменты описаны согласно Атласу аллозимов [6]. Исследования по локусу *LDH* у потомства доместичированных производителей, выращенного в рыбоводном хозяйстве ГРЭС, не проводились по техническим причинам. Генетическую гетерогенность выборок оценивали по следующим параметрам: частота встречаемости аллелей и генотипов; уровень гетерозиготности наблюдаемой ( $H_{ob}$ ) и ожидаемой ( $H_e$ ); отклонение гетерозиготности от ожидаемой ( $D$ ). Соответствие между наблюдаемыми и теоретически ожидаемыми частотами оценивалось по закону Харди – Вайнберга (критерий  $\chi^2$ ) [13]. Данные по частотам генов были проанализированы с помощью теста  $\chi^2$  на гетерогенность Д. В. Ниля и У. Д. Шелла [14]. Статистическую оценку встречаемости фенотипов проводили согласно общепринятым методикам [15].

#### Результаты исследований и их обсуждение

При исследовании частоты встречаемости фенотипов локуса *MDG* между группами молоди выявлен ряд различий (рис. 1). Количество дигомозигот (100/100–160/160) в выборках не имеет существенных отличий. Численность фенотипов, содержащих гетерозиготы 100/100–100/160 и 100/160–160/160, имеет тенденцию к снижению у потомства доместичированных производителей ГРЭС – с 46,43 до 33,33 и с 32,14 до 22,91 % соответственно. При этом достоверно ниже количество гетерозигот 100/100–100/160 при  $t = 3,61$ ,  $p < 0,001$ ,

и гетерозигот 100/160–160/160 при  $t = 2,72$ ,  $p < 0,01$ . С этим коррелирует существенный рост ( $t = 4,95$ ,  $p < 0,001$ ) полных гомозигот 100/100–100/100 у молоди, выращенной в хозяйстве ГРЭС (33,33 %), относительно потомства диких производителей (10,71 %).

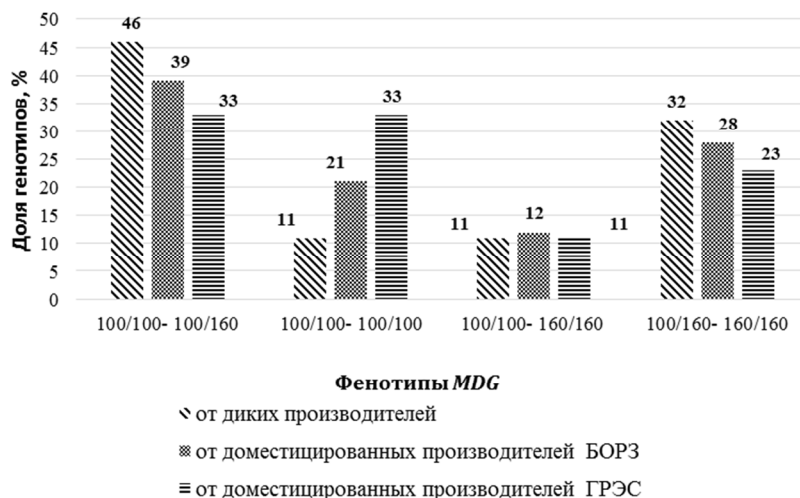


Рис. 1. Относительное количество фенотипов локуса MDG в выборках молоди от производителей разного происхождения

Однако по частотам встречаемости аллелей локусов MDG достоверных различий не выявлено, хотя по обоим локусам наблюдается снижение уровня гетерозиготности у молоди, полученной от domestikiroванных производителей как в условиях БОРЗ, так и в условиях ГРЭС (табл. 1, 2). О дефиците гетерозигот свидетельствует и отрицательное значение отклонения D.

Согласно данным табл. 1 и 2, анализ генетических показателей молоди русского осетра по локусам MDG B1 и MDG B2 показал существенный рост гомозигот и снижение гетерозиготности у молоди русского осетра, выращенной в условиях ГРЭС.

Исследование изменчивости фенотипов локусов LDH-3, 4 выявило, что наибольшее количество особей среди сеголетков, полученных как от диких, так и от domestikiroванных производителей, имеет дигетерозиготу 68/100–68/100 (57,14 и 38,14 % соответственно), однако количество гетерозигот у потомства диких производителей достоверно выше, чем у потомства domestikiroванных ( $t = 2,28$ ,  $p < 0,05$ ). По другим генотипам существенных отличий между выборками не наблюдается (рис. 2). Однако у диких производителей отсутствуют фенотипы 100/100–100/100, 68/68–124/124 и 100/100–124/124, что может быть обусловлено «эффектом основателя», проявляющимся при малой численности использованных производителей (табл. 3, 4).

В целом уровень наблюдаемой гетерозиготности по локусам LDH-3, 4 у потомства диких производителей ниже, чем у потомства domestikiroванных производителей (табл. 4).

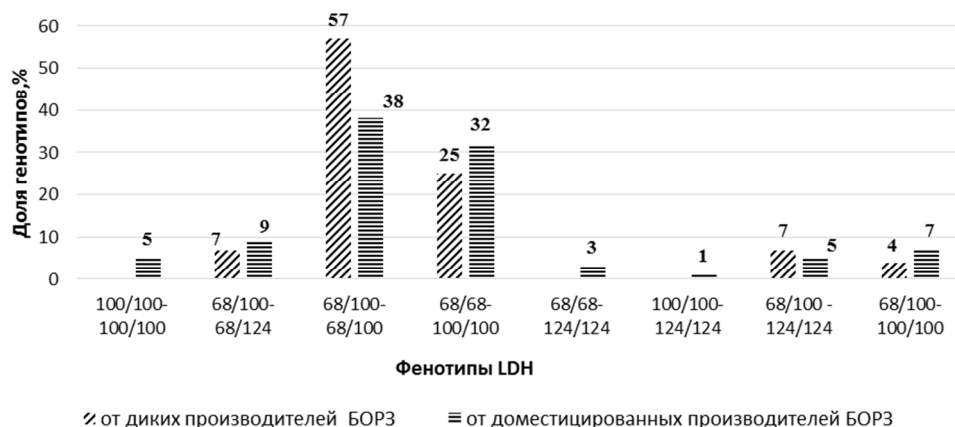


Рис. 2. Относительное количество генотипов в локусе LDG в исследуемых выборках молоди от производителей разного происхождения

Таблица 1

## Частота встречаемости фенотипов и аллелей MDG B1 у молоди русского осетра разного происхождения

Происхождение молоди	100/100 Наблюдаямая/ Ожидаямая		100/160 Наблюдаямая/ Ожидаямая		160/160 Наблюдаямая/ Ожидаямая		N	100 ± m	160 ± m	Ho ± m	He ± m	D ± m	χ <sup>2</sup>	G	P
	38/ 39,45	18/ 15,11	0/ 1,45	0/ 0	0,839 ± 0,035	0,164 ± 0,035									
От диких производителей	83/ 85,35	33/ 28,31	0/ 2,35	0,858 ± 0,023 <td>0,142 ± 0,023 <td>0,285 ± 0,042 <td>0,244 ± 0,033 <td>+0,168 ± 0,103 <td>3,190 <td>2,926 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td></td></td>	0,142 ± 0,023 <td>0,285 ± 0,042 <td>0,244 ± 0,033 <td>+0,168 ± 0,103 <td>3,190 <td>2,926 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td></td>	0,285 ± 0,042 <td>0,244 ± 0,033 <td>+0,168 ± 0,103 <td>3,190 <td>2,926 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td>	0,244 ± 0,033 <td>+0,168 ± 0,103 <td>3,190 <td>2,926 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td>	+0,168 ± 0,103 <td>3,190 <td>2,926 <td>&gt; 0,05</td> </td></td>	3,190 <td>2,926 <td>&gt; 0,05</td> </td>	2,926 <td>&gt; 0,05</td>	> 0,05				
От доместичированных производителей БОРЗ	44/ 44,74	13/ 11,52	0/ 0,74 <td>0,886 ± 0,030 <td>0,114 ± 0,030 <td>0,228 ± 0,056 <td>0,202 ± 0,076 <td>+0,129 ± 0,156 <td>0,129 <td>0,156 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td></td></td></td>	0,886 ± 0,030 <td>0,114 ± 0,030 <td>0,228 ± 0,056 <td>0,202 ± 0,076 <td>+0,129 ± 0,156 <td>0,129 <td>0,156 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td></td></td>	0,114 ± 0,030 <td>0,228 ± 0,056 <td>0,202 ± 0,076 <td>+0,129 ± 0,156 <td>0,129 <td>0,156 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td></td>	0,228 ± 0,056 <td>0,202 ± 0,076 <td>+0,129 ± 0,156 <td>0,129 <td>0,156 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td>	0,202 ± 0,076 <td>+0,129 ± 0,156 <td>0,129 <td>0,156 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td>	+0,129 ± 0,156 <td>0,129 <td>0,156 <td>&gt; 0,05</td> </td></td>	0,129 <td>0,156 <td>&gt; 0,05</td> </td>	0,156 <td>&gt; 0,05</td>	> 0,05				

Таблица 2

## Частота встречаемости фенотипов и аллелей MDG B2 у молоди русского осетра разного происхождения

Происхождение молоди	100/100 Наблюдаямая/ Ожидаямая		100/160 Наблюдаямая/ Ожидаямая		160/160 Наблюдаямая/ Ожидаямая		N	100 ± m	160 ± m	Ho ± m	He ± m	D ± m	χ <sup>2</sup>	G	P
	6/ 6,45	26/ 25,11	45/ 55,72	0,339 ± 0,045	0,661 ± 0,045	0,464 ± 0,067									
От диких производителей	24/ 18,64	47/ 41,64	0,401 ± 0,032 <td>0,599 ± 0,032 <td>0,388 ± 0,045 <td>0,480 ± 0,013 <td>-0,192 ± 0,076 <td>4,294 <td>4,311 <td>&lt; 0,05</td> </td></td></td></td></td></td>	0,599 ± 0,032 <td>0,388 ± 0,045 <td>0,480 ± 0,013 <td>-0,192 ± 0,076 <td>4,294 <td>4,311 <td>&lt; 0,05</td> </td></td></td></td></td>	0,388 ± 0,045 <td>0,480 ± 0,013 <td>-0,192 ± 0,076 <td>4,294 <td>4,311 <td>&lt; 0,05</td> </td></td></td></td>	0,480 ± 0,013 <td>-0,192 ± 0,076 <td>4,294 <td>4,311 <td>&lt; 0,05</td> </td></td></td>	-0,192 ± 0,076 <td>4,294 <td>4,311 <td>&lt; 0,05</td> </td></td>	4,294 <td>4,311 <td>&lt; 0,05</td> </td>	4,311 <td>&lt; 0,05</td>	< 0,05					
От доместичированных производителей БОРЗ	19/ 14,25	19/ 14,25	0,500 ± 0,047 <td>0,500 ± 0,047 <td>0,333 ± 0,062 <td>0,500 ± 0,006 <td>-0,333 ± 0,156 <td>6,333 <td>6,418 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td></td></td>	0,500 ± 0,047 <td>0,333 ± 0,062 <td>0,500 ± 0,006 <td>-0,333 ± 0,156 <td>6,333 <td>6,418 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td></td>	0,333 ± 0,062 <td>0,500 ± 0,006 <td>-0,333 ± 0,156 <td>6,333 <td>6,418 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td></td>	0,500 ± 0,006 <td>-0,333 ± 0,156 <td>6,333 <td>6,418 <td>&gt; 0,05</td> </td></td></td>	-0,333 ± 0,156 <td>6,333 <td>6,418 <td>&gt; 0,05</td> </td></td>	6,333 <td>6,418 <td>&gt; 0,05</td> </td>	6,418 <td>&gt; 0,05</td>	> 0,05					

Таблица 3

Частота встречаемости аллелей LDH-3 у сеголетков русского осетра различного происхождения

Происхождение молоди	68/68 Наблюдения/ Ожидаемая		68/100 Наблюдения/ Ожидаемая		100/100 Наблюдения/ Ожидаемая		N	68 ± m		100 ± m		Ho ± m		He ± m		D	χ <sup>2</sup>	G	P		
	От диких производителей	От domesticированных производителей БОРЗ	42/ 26,25	70/ 51,53	0/ 7,88	3/ 12,24		0,625 ± 0,046	0,678 ± 0,03	0,375 ± 0,046	0,322 ± 0,03	0,750 ± 0,058	0,593 ± 0,05	0,469 ± 0,023	0,437 ± 0,02					+0,600 ± 0,061	+0,359 ± 0,07
От диких производителей	14/ 21,28	45/ 54,24	42/ 26,25	70/ 51,53	0/ 7,88	3/ 12,24	50	0,625 ± 0,046	0,678 ± 0,03	0,375 ± 0,046	0,322 ± 0,03	0,750 ± 0,058	0,593 ± 0,05	0,469 ± 0,023	0,437 ± 0,02	+0,600 ± 0,061	+0,359 ± 0,07	20,268	15,135	< 0,001	< 0,001
От domesticированных производителей БОРЗ	45/ 54,24	45/ 54,24	70/ 51,53	70/ 51,53	3/ 12,24	3/ 12,24	118	0,678 ± 0,03	0,678 ± 0,03	0,322 ± 0,03	0,322 ± 0,03	0,593 ± 0,05	0,593 ± 0,05	0,437 ± 0,02	0,437 ± 0,02	+0,359 ± 0,07	+0,359 ± 0,07	15,135	15,135	< 0,001	< 0,001

Таблица 4

Частота встречаемости генотипов и аллелей LDH-4 у сеголетков русского осетра различного происхождения

Происхождение молоди	68/68 Наблюдения/ Ожидаемая		68/100 Наблюдения/ Ожидаемая		68/124' Наблюдения/ Ожидаемая		100/100 Наблюдения/ Ожидаемая		100/124 Наблюдения/ Ожидаемая		124 ± m		100 ± m		68 ± m		N	68 ± m		100 ± m		124 ± m		Ho ± m		He ± m		D	χ <sup>2</sup>	G	P		
	От диких производителей	От domesticированных производителей БОРЗ	14/ 18,29	32/ 20,57	4/ 6,86	2/ 5,79	0/ 3,86	4/ 6,86	2/ 5,79	0/ 3,86	0,571 ± 0,047	0,571 ± 0,047	0,321 ± 0,044	0,321 ± 0,044	0,107 ± 0,029	0,107 ± 0,029		0,643 ± 0,064	0,643 ± 0,064	0,558 ± 0,031	0,558 ± 0,031	0,131 ± 0,022	0,131 ± 0,022	0,309 ± 0,030	0,309 ± 0,030	0,475 ± 0,046	0,475 ± 0,046					0,574 ± 0,021	0,574 ± 0,021
От диких производителей	14/ 18,29	32/ 20,57	4/ 6,86	2/ 5,79	0/ 3,86	4/ 6,86	2/ 5,79	0/ 3,86	4/ 6,86	0,571 ± 0,047	0,571 ± 0,047	0,321 ± 0,044	0,321 ± 0,044	0,107 ± 0,029	0,107 ± 0,029	0,643 ± 0,064	0,643 ± 0,064	0,558 ± 0,031	0,558 ± 0,031	0,131 ± 0,022	0,131 ± 0,022	0,309 ± 0,030	0,309 ± 0,030	0,475 ± 0,046	0,475 ± 0,046	0,574 ± 0,021	0,574 ± 0,021	+0,151 ± 0,114	+0,151 ± 0,114	28,392	42,453	< 0,001	< 0,001
От domesticированных производителей БОРЗ	38/ 36,92	45/ 40,83	11/ 17,34	14/ 11,29	0/ 9,59	10/ 2,04	10/ 9,59	0/ 9,59	10/ 2,04	0,559 ± 0,032	0,559 ± 0,032	0,309 ± 0,030	0,309 ± 0,030	0,131 ± 0,022	0,131 ± 0,022	0,475 ± 0,046	0,475 ± 0,046	0,574 ± 0,021	0,574 ± 0,021	0,131 ± 0,022	0,131 ± 0,022	0,309 ± 0,030	0,309 ± 0,030	0,475 ± 0,046	0,475 ± 0,046	0,574 ± 0,021	0,574 ± 0,021	-0,174 ± 0,077	-0,174 ± 0,077	44,160	44,160	< 0,001	< 0,001

В локусе *Est* наибольшие различия выявлены по показателям встречаемости аллелей *a*, *b*, *d* между сеголетками, выращенными на БОРЗ, и сеголетками, выращенными на ГРЭС, при этом между потомством диких и доместичированных производителей, выращенным на БОРЗ, наблюдаются незначительные отличия.

В локусе *Est* было выявлено 17 фенотипов, образованных по меньшей мере 5 аллелями, обозначенными нами *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, среди которых аллель *e* – самый медленный (рис. 3). Главным отличием потомства диких производителей от остальных выборок является наличие гетерозиготного генотипа *aa/ae* (рис. 3). У потомства доместичированных производителей аллель *e* полностью отсутствует, кроме того, у потомства одомашненных производителей, выращенного на ГРЭС, происходит выщепление целого ряда фенотипов: *aa/bc*, *aa/bb*, *ab/dd*, *bb/dd*, *cc/dd*, *cc/dd* и *aa/ae*. Существенные различия между молодью русского осетра, выращенной на БОРЗ и на ГРЭС, обнаружены по встречаемости фенотипов: *aa* – в значительно меньшем количестве встречаются у потомства, выращенного на ГРЭС (у потомством от диких производителей БОРЗ и доместичированных ГРЭС  $t = 3,35$ ,  $p < 0,001$ , у потомства от доместичированных производителей БОРЗ и ГРЭС  $t = 3,97$ ,  $p < 0,001$ ); *bb* – отсутствуют у молоди от доместичированных производителей БОРЗ и достоверно преобладают у молоди, выращенной на ГРЭС, по сравнению с молодью от диких производителей БОРЗ ( $t = 2,96$ ,  $p < 0,01$ ); *dd* – доминируют у молоди, выращенной на ГРЭС (у молоди от диких производителей БОРЗ и ГРЭС  $t = 2,53$ ,  $p < 0,01$ , у молоди от доместичированных производителей БОРЗ и ГРЭС  $t = 3,09$ ,  $p < 0,01$ ). Изменчивость по другим фенотипам зависит от сочетания недостающих или преобладающих по частоте встречаемости аллелей и носит несистематический характер. Тем не менее можно отметить тенденцию к увеличению гомозиготных генотипов в выборках сеголетков, полученных от доместичированных производителей.

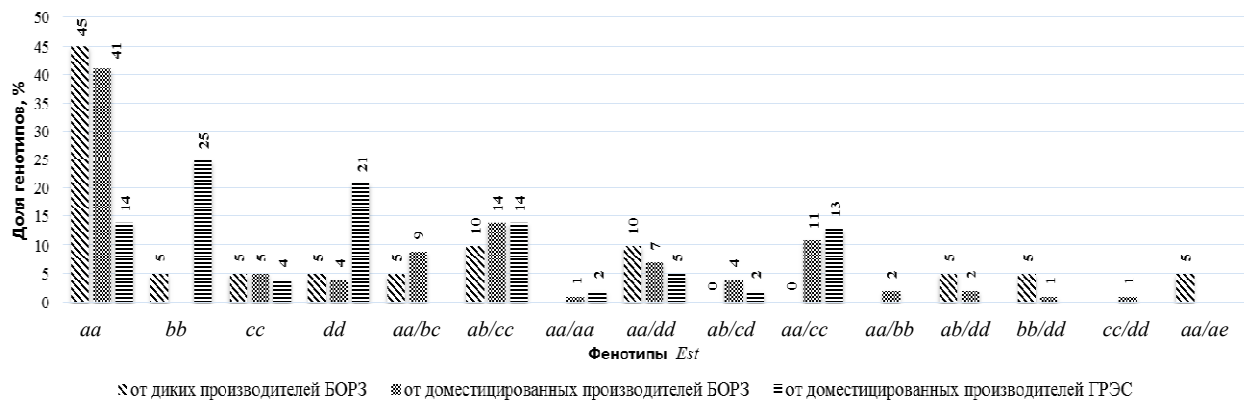


Рис. 3. Относительное количество фенотипов в локусе *Est* в выборках молоди от производителей разного происхождения

Таким образом, исследование генетических показателей потомства диких и доместичированных производителей разного происхождения показало снижение количества гетерозиготных фенотипов и гетерозиготности по локусам *MDG* и *LDH* в выборках молоди от доместичированных производителей БОРЗ и ГРЭС, т. е. рост количества гомозиготных фенотипов.

По локусу *Est* у потомства одомашненных производителей, особенно на ГРЭС, происходит выщепление целого ряда генотипов и наблюдается некоторая тенденция к увеличению гомозиготных генотипов в выборках сеголетков, полученных от доместичированных производителей.

Ранее, при исследовании лососевых и осетровых рыб, было показано, что в целом рыбный процесс приводит к росту гетерозиготности, однако в случае инбридинга увеличивается количество гомозигот [16–18]. В ходе проведенных нами ранее опытов по влиянию криоконсервации на генетическую изменчивость потомства и влиянию условий инкубации икры на выживаемость и генетический полиморфизм личинок русского осетра было выявлено, что отбор может быть разнонаправленным в зависимости от условий среды, а гетерозиготность потомства при малом количестве использованных производителей определяется особенностями генотипа

родителей [9, 10]. Поэтому можно сделать вывод, что отмеченные изменения генетических параметров потомства разного происхождения связаны с комплексом факторов, главными из которых являются условия среды в период онтогенеза и выращивания молоди и генетические показатели производителей. Генетический вклад производителей в данном исследовании оценить не представлялось возможным, хотя он может играть существенную роль. Но, на наш взгляд, в данном случае однонаправленность изменчивости – рост гомозигот у доместичированного потомства БОРЗ и ГРЭС – свидетельствует о том, что в формировании генетического разнообразия потомства главную роль играет естественный отбор под влиянием условий выращивания. Поскольку в рыбоводном хозяйстве ГРЭС условия выращивания потомства русского осетра в бассейнах кардинально отличались от прудовых на БОРЗ гидрохимическим и гидрологическим режимом, а также особенностями питания молоди, то потомство, выращенное от доместичированных производителей в хозяйстве ГРЭС, достоверно отличалось от потомства, выращенного как от доместичированных, так и от диких производителей БОРЗ. Условия БОРЗ более приближены к естественным, и поэтому генетические показатели потомства доместичированных производителей БОРЗ более близки к генетическим показателям потомства диких производителей. В связи с этим особое внимание при разработке мероприятий по поддержанию численности вида и сохранению его генетической устойчивости с помощью искусственного воспроизводства необходимо уделять созданию условий, максимально приближенных к условиям природной среды.

### Заключение

В результате исследования молоди от производителей разного происхождения выявлено:

1. При доместикации русского осетра в условиях тепловодного хозяйства происходит увеличение количества гомозигот и снижение гетерозиготности по локусам *LDH* и *MDG*, а также выщепление ряда генотипов по локусу *Est*.
2. Наибольшее отличие наблюдается между потомством диких производителей и потомством доместичированных производителей рыбоводного хозяйства ГРЭС.
3. Наблюдаемые изменения генетических параметров молоди разного происхождения связаны с комплексом факторов, главными из которых являются условия среды в период онтогенеза и выращивания молоди.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова Н. В., Лозовский А. Р., Васильева Л. М. Современные подходы к сохранению популяции русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) // Естественные науки. 2012. № 1. С. 84–92.
2. Баранникова И. А., Белоусов А. Н. Современное состояние заводского разведения осетровых и его значения в формировании запасов этих рыб в естественных водоемах России // Рыбное хозяйство. М.: ВНИЭРХ. 2002. Вып. 3. С. 1–8.
3. Ходоревская Р. П., Калмыков В. А., Жилкин А. А. Современное состояние запасов осетровых рыб Каспийского бассейна и меры по их сохранению // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2012. № 1. С. 99–106.
4. *Raymakers C.* CITES, the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora: its role in the conservation of *Acipenseriformes* // J. Appl. Icht. 2006. Vol. 22, suppl. 1. P. 53–65.
5. Лукьяненко В. И., Каратаева Б. Б., Камшилин И. Н. Сезонные расы волго-каспийских рыб. Андропов: Росглавполиграфпром, 1988. 192 с.
6. Рябова Г. Д., Климонов В. О., Шишанова Е. И. Генетическая изменчивость в природных популяциях и доместичированных стадах осетровых рыб России. Атлас аллозимов. М.: Россельхозакадемия, 2008. 94 с.
7. Базелюк Н. Н., Козлова Н. В., Мухамедова Р. М. Молекулярно-генетическая идентификация русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) из естественных популяций Волжско-Камского бассейна // Естественные науки. 2013. № 2. С. 82–86.
8. Козлова Н. В., Макарова Е. Г., Базелюк Н. Н. Генетическое разнообразие русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) в Каспийском море // Рыбное хозяйство. 2016. № 4. С. 61–66.
9. Шишанова Е. И., Тренклер И. В., Мамонова А. С. Влияние криоконсервации спермы на выживаемость и генетический полиморфизм личинок русского осетра // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2012. № 2. С. 105–112.

10. Мамонова А. С., Шишанова Е. И., Тренклер И. В. Влияние нарушений условий инкубации икры на выживаемость и генетический полиморфизм личинок русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Рыбное хозяйство. 2015. № 4. С. 77–87.
11. Алтухов Ю. П. Внутривидовое генетическое разнообразие: мониторинг и принципы сохранения // Генетика. 1995. Т. 31. С. 1333–1357.
12. Peacock A. C., Bunting S. L., Queen K. G. Serum protein electro-phoresis in acrylamide gel // Science. 1965. Vol. 147. P. 1451–1543.
13. Айала Ф. Введение в популяционную и эволюционную генетику. М.: Мир, 1984. 232 с.
14. Ниль Д. В., Шелл У. Д. Наследственность человека. М.: Изд-во иностр. лит., 1958. 389 с.
15. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Элементарная биометрия: учеб. пособие. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. 104 с.
16. Варнавская Н. В. Генетическое разнообразие популяций в связи с задачами рациональной промысловой эксплуатации лососёвых рыб // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2002. Вып. 6. С. 158–181.
17. Никоноров С. И., Витвицкая Л. В. Эколого-генетические проблемы искусственного воспроизводства осетровых и лососевых рыб. М.: Наука, 1993. 254 с.
18. Рябова Г. Д., Офицеров М. В., Климонов В. О., Шишанова Е. И., Довгопол Г. Ф., Ходоревская Р. П. О возможном влиянии рыбоводства на генетические и биологические характеристики северяги // Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры России: материалы совещ. (Ростов-на-Дону, август 1996 г.). М.: Изд-во ВНИРО, 1996. С. 269–274.

Статья поступила в редакцию 31.10.2016

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Мамонова Анастасия Сергеевна** – Россия, 142460, пос. им. Воровского, Ногинский р-н, Московская обл.; Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства; младший научный сотрудник лаборатории культивирования высокоценных видов рыб; mamonova84@gmail.com.

**Шишанова Елена Ивановна** – Россия, 142460, поселок им. Воровского, Ногинский район, Московская область; Всероссийский научно-исследовательский институт ирригационного рыбоводства; канд. биол. наук; старший научный сотрудник лаборатории культивирования высокоценных видов рыб; lena-vniir@mail.ru.



*A. S. Mamonova, E. I. Shishanova*

#### GENETIC VARIABILITY OF DOMESTICATED HERDS OF RUSSIAN STURGEON (*ACIPENSER GUELLENSTAEDTII*, BRANDT)

**Abstract.** Genetic variability of the offspring from breeders from domesticated and natural herds of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*, Brandt), the artificial reproduction of which is the main way of replenishment of the Volga population, is studied. Three samples of juveniles: Bertulskiy sturgeon fish farm (BORZ), the Astrakhan region – the offspring of wild breeders and domesticated breeders; the fish farm Elektrogorsk GRES, the Moscow region – the offspring of domesticated breeders. Using the method of electrophoresis there were investigated three polymorphic proteins systems: malate dehydrogenase (*MDG*), lactate dehydrogenase (*LDH*) and esterase (*Est*). The analysis of the relative content of homo- and heterozygous genotypes for each enzyme system showed the existence of certain differences between the offspring from wild and domesticated breeders. The number of phenotypes of locus *MDG-B1*, 2 containing heterozygotes *100/100-100/160* and *100/160-160/160* significantly decreases in the offspring of domesticated breeders at GRES. With it a reliable growth of full homozygotes *100/100-100/100* from juveniles grown in the hatchery Elektrogorsk correlates. However, by the allele frequency of the locus *MDG B1* and *B2* significant differences were not re-



vealed, although in both locus some decrease in the level of heterozygosity in juveniles obtained from domesticated breeders grown up both at BORZ and GRES was observed. According to the study of occurrence of phenotypes and allele frequencies of locus *LDH-3,4* the number of heterozygotes in the offspring of wild breeders was significantly higher than in offspring of domesticated breeders. Other significant distinctions between offspring from different samplings were not observed. At the locus *Est* the greatest differences were found in terms of allele *a, b, d* between juveniles grown in BORZ, and juveniles grown at GRES, while between offspring of wild and domesticated breeders grown on BORZ, there was a slight difference. In general, there is a tendency of increase in homozygous genotypes in *Est* samples of juveniles received from domesticated breeders. The found heterogeneity indicates genetic distinction of posterity of producers of different origin, and the existence of diverse selection in the studied enzymes in the conditions of aquaculture.

**Key words:** Russian sturgeon, malate dehydrogenase, lactate dehydrogenase, esterase, wild breeders, domesticated breeders, offspring, frequency of alleles, heterozygosity level, genotype.

#### REFERENCES

1. Smirnova N. V., Lozovskii A. R., Vasil'eva L. M. Sovremennye podkhody k sokhraneniuiu populiatsii russkogo osetra (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) [Present approaches to conservation of Russian sturgeon population]. *Estestvennye nauki*, 2012, no. 1, pp. 84–92.
2. Barannikova I. A., Belousov A. N. Sovremennoe sostoianie zavodskogo razvedeniia osetrovyykh i ego znachenie v formirovaniy zapasov etikh ryb v estestvennykh vodoemakh Rossii [The current state of the plant breeding of sturgeon and its importance in the formation of these fish stocks in natural waters Russia]. *Rybnoe khoziaistvo*. Moscow, VNIERKh, 2002, iss. 3, pp. 1–8.
3. Khodorevskaya R. P., Kalmykov V. A., Zhilkin A. A. Sovremennoe sostoianie zapasov osetrovyykh ryb Kaspiiskogo basseina i mery po ikh sokhraneniuiu [Present state of stocks of Russian sturgeon in the Caspian basin and measures for their conservation]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2012, no. 1, pp. 99–106.
4. Raymakers C. CITES, the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora: its role in the conservation of Acipenseriformes. *J. Appl. Ichth.*, 2006, vol. 22b, suppl. 1, pp. 53–65.
5. Luk'ianenko V. I., Karataeva B. B., Kamshilin I. N. *Sezonnye rasy volgo-kaspiiskikh ryb* [Seasonal races of Volga-Caspian fish]. Andropov, Rosglavpoligrafprom, 1988. 192 p.
6. Riabova G. D., Klimonov V. O., Shishanova E. I. *Geneticheskaya izmenchivost' v prirodnykh populiatsiyakh i domestitsirovannykh stadakh osetrovyykh ryb Rossii. Atlas allozimov* [Genetic variability in natural populations and domesticated herds of Russian sturgeon in Russia. Atlas of allozymes]. Moscow, Rossel'khozakademii, 2008. 94 p.
7. Bazeliuk N. N., Kozlova N. V., Mukhamedova R. M. Molekuliarno-geneticheskaya identifikatsiya russkogo osetra (*Acipenser gueldenstaedtii*) iz estestvennykh populiatsii Volzhsko-Kamskogo basseina [Molecular-genetic identification of Russian sturgeon from natural populations of the Volga-Caspian basin]. *Estestvennye nauki*, 2013, no. 2, pp. 82–86.
8. Kozlova N. V., Makarova E. G., Bazeliuk N. N. Geneticheskoe raznoobrazie russkogo osetra (*Acipenser gueldenstaedtii*) v Kaspiiskom more [Genetic diversity of Russian sturgeon in the Caspian Sea]. *Rybnoe khoziaistvo*, 2016, no. 4, pp. 61–66.
9. Shishanova E. I., Trenkler I. V., Mamonova A. S. Vliianie kriokonservatsii spermy na vyzhivaemost' i geneticheskii polimorfizm lichinok russkogo osetra [Influence of cryoconservation of sperm on survival and genetic polymorphism of Russian sturgeon larvae]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2012, no. 2, pp. 105–112.
10. Mamonova A. S., Shishanova E. I., Trenkler I. V. Vliianie narusheniya uslovii inkubatsii ikry na vyzhivaemost' i geneticheskii polimorfizm lichinok russkogo osetra (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) [Influence of disturbance of the conditions of eggs incubation on survival and genetic polymorphism of Russian sturgeon larvae]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoe khoziaistvo*, 2015, no. 4, pp. 77–87.
11. Altukhov Iu. P. Vnutrividovoe geneticheskoe raznoobrazie: monitoring i printsipy sokhraneniia [Intra-specific genetic diversity: monitoring and principles of conservation]. *Genetika*, 1995, vol. 31, pp. 1333–1357.
12. Peacock A. C., Bunting S. L., Queen K. G. Serum protein electro-phoresis in acrylamide gel. *Science*, 1965, vol. 147, pp. 1451–1543.]
13. Ayala F. *Population and evolutionary genetics: a primer*. Menlo Park, Calif.: Benjamin/Cummings Pub., 1982. 268 p.
14. Neel J. V., Schull W. J. *Human heredity*. Univ. of Chicago Press, 1954. 361 p.
15. Ivanter E. V., Korosov A. V. *Elementarnaya biometriya* [Elementary biometry]. Petrozavodsk, Izd-vo PetrGU, 2010. 104 p.

16. Varnavskaia N. V. Geneticheskoe raznoobrazie populiatsii v sviazi s zadachami ratsional'noi promyslovoi ekspluatatsii lososevykh ryb [Genetic diversity of populations related with the tasks of rational commercial exploitation of salmon fish]. *Issledovaniia vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana*, 2002, iss. 6, pp. 158–181.

17. Nikonorov S. I., Vitvitskaia L. V. *Ekologo-geneticheskie problemy iskusstvennogo vosпроизводства osetrovyykh i lososevykh ryb* [Ecological and genetic problems of artificial reproduction of sturgeon and salmon]. Moscow, Nauka Publ., 1993. 254 p.

18. Riabova G. D., Ofitserov M. V., Klimonov V. O., Shishanova E. I., Dovgopol G. F., Khodorevskaia R. P. O vozmozhnom vliianii rybovodstva na geneticheskie i biologicheskie kharakteristiki sevriugi [On possible influence of fishery on genetic and biological characteristics of sterlet]. *Sostoianie i perspektivy nauchno-prakticheskikh razrabotok v oblasti marikul'tury Rossii: materialy soveshchaniia (Rostov-na-Donu, avgust 1996 g.)*. Moscow, Izd-vo VNIRO, 1996. P. 269–274.

The article submitted to the editors 31.10.2016

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Mamonova Anastasiya Sergeevna** – Russia, 142460, Village named after Vorovskiy, Noginsk region, Moscow region; All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Fish Breeding; Junior Research Worker of the Laboratory of Cultivation of Valuable Kinds of Fishes; mamono-va84@gmail.com.

**Shishanova Elena Ivanovna** – Russia, 142460, Village named after Vorovskiy, Noginsk region, Moscow region; All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Fish Breeding; Candidate of Biology; Senior Research Worker of the Laboratory of Cultivation of Valuable Kinds of Fishes; lena-vniir@mail.ru.

