

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ СИБИРСКОГО ОСЕТРА *Acipenser baerii* Brandt, 1869 В АКВАКУЛЬТУРЕ

© 2018 г. А. Е. Барминцева^{1, 2, *}, Н. С. Мюге^{1, 2, **}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва 107140

²Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова Российской академии наук, Москва 119334

*e-mail: bae69@mail.ru

**e-mail: mugue@mail.ru

Поступила в редакцию 24.05.2017 г.

Представлены результаты исследования генетического полиморфизма аквакультурных стад сибирского осетра различного происхождения из 13 хозяйств по всей территории Российской Федерации по пяти тетраплоидным микросателлитным локусам и контрольному региону митохондриальной ДНК. В аквакультуре сибирского осетра ленского и обского происхождения на сегодняшний день произошло резкое падение гаплотипического разнообразия. Основная масса аквакультурных особей несет два мажорных гаплотипа, характерных для европейской части России (“ленская” аквакультура), и два гаплотипа, свойственных западной части Сибири (“обская” аквакультура). По результатам микросателлитного анализа в аквакультуре осетра ленского происхождения выделяются два генетических кластера, один из которых представлен стадами, вследствие имбрентности поголовья характеризующимися падением аллельного разнообразия и исчезновением редких аллелей.

Ключевые слова: сибирский осетр, митохондриальная ДНК, гаплотипическое разнообразие мтДНК, контрольный регион, микросателлитный анализ, генетический полиморфизм.

DOI: 10.7868/S0016675818020030

Сибирский осетр *Acipenser baerii* Brandt является первым из осетровых, введенным в массовую товарную аквакультуру, и по настоящее время остается важнейшим видом, выращиваемым в искусственных условиях как в России, так и в других странах [1, 2]. Введение в аквакультуру началось в 1973 г., когда впервые 61 тыс. оплодотворенных икринок была получена от диких производителей на р. Лена и перевезена в Конаково — экспериментальное тепловодное рыбное хозяйство в Тверской области недалеко от Москвы. Поставки оплодотворенной икры в Конаково продолжались и в последующие годы [3]. В Конаково на этом виде были разработаны методы содержания, кормления, получения икры и выращивания молоди в полностью искусственных условиях [4].

Наибольшую популярность на европейской части России приобрело разведение сибирского осетра благодаря его высокой экологической пластичности и огромной потенциальной способности к росту и, соответственно, скорости созревания при попадании в благоприятные условия существования в тепловодных осетровых хозяйствах. До конца прошлого века сибирский осетр в аквакультуре был представлен почти исключительно ленской популяцией, ведущей свое происхождение от ма-

точного стада Конаковского осетрового рыбзавода (ОРЗ).

В 1980 г. часть осетров (300 личинок) была отправлена во Францию, где также начала успешно развиваться аквакультура сибирского (ленского) осетра [5]. Подавляющее большинство аквакультурных стад сибирского осетра, существующих в настоящее время по всему миру, также произошли от потомков ограниченного числа особей осетра из р. Лена, разводимого на Конаковском ОРЗ [6].

В последнее время ряд аквакультурных хозяйств в западной Сибири начали выращивать в условиях аквакультуры осетра, чьи производители имеют происхождение из р. Обь и ее притоков. В 1999 г. стадо обско-иртышского сибирского осетра создали и на Конаково, используя посадочный материал из Абалакского ОРЗ [7].

В данной работе мы не ставим перед собой задачу изучить отдельные аквакультурные стада сибирского осетра, принадлежащие различным осетровым хозяйствам. На примере выборки большого числа современных аквакультурных хозяйств мы попытались отразить ситуацию в целом, изучить генетические последствия одомашнивания сибирского осетра, самого востребованного вида в

аквакультуре осетровых за последние 30–40 лет, с момента начала массового развития осетроводства в нашей стране.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период 2006–2014 гг. был собран материал со многих аквакультурных хозяйств России, специализирующихся на разведении сибирского осетра. Образцы собирались для целей молекулярно-генетической паспортизации ремонтно-маточных стад (РМС) [8, 9]. В этот же период были собраны образцы и из пяти природных популяций, генетический полиморфизм которых подробно рассмотрен нами ранее [10]. Исследование аквакультурных особей сибирского осетра – всего 734 особи – проведено по тем же методикам и маркерам, что и из природных популяций [10], а именно – изучена последовательность контрольного региона митохондриальной ДНК (для 383 образцов) и проведен анализ пяти микросателлитных локусов (*Afug41*, *Afug51*, *An20*, *AoxD161*, *AoxD165* [11–13] (у всех 734 образцов)).

Описание методики отбора проб, выделения ДНК, анализа полиморфизма митохондриальной и микросателлитной (ядерной) ДНК приведено в нашей предыдущей работе [10]. Весь собранный материал хранится в РНКЭГМ (Российская Национальная Коллекция Эталонных Генетических Материалов, свидетельство о регистрации базы данных № 2006620351 от 03.11.2006) во ВНИРО и представлен в табл. 1.

Определение вероятности принадлежности особей к каждому из предполагаемых кластеров проводилось в программе Structure 2.3.4 [14] при параметрах 1000000 МСМС шагов, исключая первые 100000. Определение оптимального количества кластеров (ΔK) проведено в программе Structure Harvester [15]. Гаплотипическое разнообразие (Hd) и стандартное отклонение (Sd) подсчитаны в программе DNASP 5.10.1 [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование митохондриальной ДНК

При анализе 383 аквакультурных особей из РМС различного происхождения получены последовательности контрольного региона мтДНК длиной 680 пн, выявлено 29 различных митохондриальных гаплотипов из 50, встреченных нами в природной популяции [10]. Наибольшее количество различных гаплотипов обнаружено для аквакультуры обского и ленского происхождения – 13 и 9 соответственно; наименьшее – для енисейской и байкальской – 4 и 3 мтДНК гаплотипа. Следует сразу сказать, что аквакультура байкальского осетра развита очень слабо. Собранные нами в декабре 2011 г. образцы ремонта (всего 33 шт.) на

Гусиноозерском и Селенгинском осетровых заводах представляют из себя потомство от одной самки и, соответственно, имеют один мтДНК-гаплотип на каждом заводе. Этим особям мы не учитывали в assignment test по микросателлитным данным, чтобы избежать объединения сибсов как отдельный кластер.

Из всех обнаруженных 29 гаплотипов только четыре гаплотипа встречаются в двух из четырех групп выборок, основанных на происхождении (см. табл. 1). Гаплотип ВаеН7 встречается в аквакультуре ленского и енисейского происхождения, ВаеН5 в аквакультуре обского и енисейского происхождения, ВаеН32 характерен для рыб байкало-енисейского происхождения, а ВаеН36 – для обских и байкальских аквакультурных стад (табл. 2). Остальные гаплотипы встречаются только в одной из исследованных групп единого природного происхождения. Также следует отметить, что подавляющее большинство особей “ленской” аквакультуры (более 93%) практически на всех осетровых заводах несут два гаплотипа – ВаеН7 и ВаеН3, остальные встречаются единично. Такая же картина характерна и для “обской” аквакультуры – около 82% особей обладают тремя гаплотипами – ВаеН4, ВаеН5 и ВаеН46.

Анализ полиморфизма микросателлитных локусов

Анализ 734 аквакультурных особей проводился с помощью тех же микросателлитных локусов, что и особей из природных популяций.

При проведении assignment test в программе Structure для сравнения в анализ добавлены образцы из диких популяций, чтобы подтвердить популяционное происхождение аквакультурных особей (табл. 3). Образцы из природных популяций описаны и проанализированы в предыдущей работе [10].

В результате добавления особей из природных популяций было проанализировано 17 различных выборок (13 аквакультурных, представленных в табл. 1, и 4 природных из предыдущего исследования [10]).

Для адекватности выделения отдельных кластеров в программе Structure определили оптимальное количество кластеров. Оптимальным по результатам Structure Harvester является $K = 4$ (анализировалось K от 2 до 17 при повторности $n = 5$, рис. 1).

На рис. 2 изображены апостериорные вероятности принадлежности особей к определенному кластеру. Все особи разбиваются на четыре хорошо заметных кластера: один из них содержит группировку аквакультурных особей обского происхождения, а также особей из этой природной популяции; другой кластер включает как диких, так и аквакультурных особей байкальского и

Таблица 1. Характеристика исследованного материала сибирского осетра аквакультурного происхождения

№ п.п.	Аквакультурное хозяйство	Кол-во образцов	Год сбора	Год рождения	Происхождение (популяция)
1	ООО “НПО “Кавитек”” (Краснодарский край)	9	2006	1994–1996	Ленская
2	“Алексинский химический комбинат” (Тульская обл.)	21	2012	2006	Ленская
3	НПЦ по осетроводству “БИОС” (Астраханская обл.)	35	2006	1994–1996	Ленская
4	ОАО “Волгореченскрыбхоз” (Костромская обл.)	50	2012	2004	Ленская
5	ЗАО “ДагПИРХ” (Республика Дагестан)	24	2014	2007	Ленская
6	ООО РТФ “Диана” (Вологодская обл.)	191	2007	1996–1997	Ленская
		46	2008	2002	
7	“Конаковский завод товарного осетроводства” (Тверская обл.)	19	фев. 2007	1990–1995	Ленская
		14	дек. 2007	2002	
		9	фев. 2007	1990	
		9	дек. 2007	1992–1994	
		34	май 2007	2001	
8	Адыгейский осетровый завод (Республика Адыгея)	11	2008	2001–2002	Ленская
9	Рыбоводный завод “Ярославский” (Ярославская обл.)	57	2013	2007–2008	Ленская
	Всего ленокской	529			
10	* ООО РТФ “Диана”; Алексинский химкомбинат; Лучегорская НИРС (Тюменская обл.)	8	2010	2003	Байкальская
		1	2012	1998–2000	
		1	2007	?	
	Всего байкальской	10			
11	Рыбоводный комплекс “Малтат” (Красноярский край)	107	2013	2003–2005	Енисейская
12	“Пышма-96” (Тюменская обл.)	19	2014	2009	Обь-Иртышская
13	“Госрыбцентр” (г. Тюмень)	69	2007	1998–2000	Обь-Иртышская
	Всего обско-иртышской	88			
	Суммарно	734			

* Также байкальский осетр содержится и на Конаковском осетровом хозяйстве, но эти особи были учтены нами при анализе природного полиморфизма сибирского осетра, так как имеют domesticated происхождение, а аквакультурной линии байкальского осетра на Конаковском заводе не было создано.

енисейского происхождения. Этот результат оказался ожидаемым, поскольку отсутствие генетической дифференциации между природными популяциями осетра оз. Байкал и р. Енисей показано нами ранее [10].

Интересный результат был получен для особей аквакультуры ленокской популяции. Неожиданно все девять выборок из различных аквакультурных хозяйств и даже разные стада, содержащиеся на одном и том же хозяйстве, разбились на два чет-

Таблица 2. Распределение выявленных гаплотипов сибирского осетра аквакультурного происхождения и их гаплотипическое разнообразие (*Hd*)

№	№ ВаеН	Популяция	Количество, шт.	%	<i>Hd</i> ± <i>Sd</i> , %
1	3	Ленская	82	43.2	
2	7	»	95	50.0	
3	14	»	1	0.5	
4	17	»	3	1.6	
5	25	»	1	0.5	
6	43	»	1	0.5	
7	49	»	5	2.6	
8	50	»	1	0.5	
9	54	»	1	0.5	
Всего			190	100	56 ± 1.7
1	8	Байкальская	7	16.3	
2	32	»	20	46.5	
3	36	»	16	37.2	
Всего			43	100	63 ± 3.6
1	5	Енисейская	14	15.6	
2	7	»	66	73.3	
3	12	»	5	5.6	
4	32	»	5	5.6	
Всего			90	100	44 ± 5.8
1	4	Обская	7	11.7	
2	5	»	37	61.7	
3	9	»	1	1.7	
4	10	»	1	1.7	
5	13	»	1	1.7	
6	18	»	1	1.7	
7	36	»	2	3.3	
8	40	»	1	1.7	
9	44	»	1	1.7	
10	46	»	5	8.3	
11	47	»	1	1.7	
12	51	»	1	1.7	
13	55	»	1	1.7	
Всего			60	100	60.6 ± 7.0
Суммарно			383		

ких кластера, один из которых является общим с природной выборкой ленских осетров.

Анализ микросателлитных локусов показал, что наименьшее значение для дифференциации двух кластеров ленского происхождения имеет локус *Afug161*, а наибольшее – локус *Afug51*. Зна-

чения ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности очень близки, что в целом характерно для всех полиплоидных видов. Некоторые характеристики микросателлитных локусов представлены в табл. 4.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенный анализ митохондриальной ДНК демонстрирует резкое падение полиморфизма при аквакультурном разведении осетров по сравнению с природными популяциями. Несмотря на старания сотрудников Конаковского ОРЗ избежать обеднения генофонда путем завоза партий икры, взятых из природной популяции р. Лена в 1988 и 1991 гг. и добавлением этого материала к существующим генерациям 1973–1976 гг. [17], искусственно полученные особи, разошедшиеся по всей европейской территории России и за рубеж, несут всего девять различных мтДНК гаплотипов, два из которых (ВаеН3 и ВаеН7) встречены у 93% всех особей. Следует отметить, что гаплотипы ВаеН3, ВаеН7 являются наиболее массовыми и в природной ленской популяции вида (23 и 29% соответственно), но при введении в аквакультуру эти два гаплотипа практически достигли фиксации (рис. 3).

У аквакультурных особей обского происхождения, выращиваемых на хозяйствах Западной Сибири, выявлено 13 мтДНК гаплотипов, но, опять же, массово представлены только два гаплотипа – ВаеН4 и ВаеН5 (в сумме 73%), еще два встречаются редко, а остальные гаплотипы отмечены нами у единичных особей. Еще недавно обская аквакультура была представлена в основном domestцированными особями, но на настоящий момент уже сформированы стада, выращенные из икры, и несоблюдение правил генетического менеджмента, отсутствие площадей и материальных возможностей для сохранения производителей в РМС очень быстро (за 1–2 поколения) привело к значительной потере генетического полиморфизма у аквакультурных осетров обского происхождения (рис. 3).

Гаплотипическое разнообразие (*Hd*) в ленской аквакультуре снизилось до 56%, хотя в природной популяции наблюдается на уровне 85%, аквакультура обского осетра имеет показатель *Hd*, равный 60.6%, тогда как в дикой популяции составляет 92.8% [10].

Дополнительно мы исследовали еще несколько РМС обского осетра, содержащихся на хозяйствах Тюменской области и Красноярского края (данные не представлены). Эти стада содержат особей, также несущих массово два мажорных мтДНК гаплотипа (ВаеН4 и ВаеН5) и до 3–5% других гаплотипов.

Таблица 3. Образцы, соответствующие выборкам при проведении assignment test в программе Structure

№ выборки	Аквакультурное хозяйство	Кол-во образцов	Происхождение (популяция)	Цвет кластера
1	ООО “НПО “Кавитек””	9	Ленская	Зеленый
2	“Алексинский химкомбинат”	21	»	Красный
3	“БИОС”	35	»	Зеленый
4	“Волгореченскрыбхоз”	50	»	Красный
5	ЗАО “ДагПИРХ”	24	»	Красный
6	ООО РТФ “Диана”	191	»	Зеленый
		46		Красный
7	“Конаковский завод товарного осетроводства”	19	»	Зеленый
		14		Красный
		9		Зеленый
		9		Красно-зеленый
		34		Зеленый
8	Адыгейский ОЗ	11	»	Красный
9	РЗ “Ярославский”	57	»	Красный
10	Природная ленская	14	»	Зеленый
11	ООО РТФ “Диана”; Алексинский химкомбинат; Лучегорская НИРС	8	Байкальская	Желтый
		1		
		1		
12	РК “Малтат”	107	Енисейская	Желтый
13	Природная енисейская	20	»	Желтый
14	Природная байкальская	14	Байкальская	Желтый
15	Природная обь-иртышская	15	Обь-иртышская	Синий
16	УЗВ “Пышма-96”	19	»	Синий
17	ФГБНУ “Госрыбцентр”	69	»	Синий
	Всего	797		

Аквакультура сибирского осетра енисейского и байкальского происхождения находится еще в зачаточном состоянии. К сожалению, состояние этих природных популяций на настоящий момент делает маловероятным формирование РМС из доместичированных особей для поддержания генофонда и адаптивных возможностей этих популяций. На настоящий момент единичные экземпляры байкальского сибирского осетра (F_1 и более) разбросаны по отдельным аквакультурным хозяйствам, а там, где сформировано “стадо”, – его происхождение идет от одной, редко двух пар производителей, соответственно, генетическое разнообразие крайне мало для поддержания потенциала популяции в целом.

Небольшое стадо енисейского сибирского осетра сформировано в Красноярском крае на

осетровом рыбноводном хозяйстве “Малтат”, также некоторое количество доместичированных особей содержится на небольших местных осетровых хозяйствах.

Наиболее интересный результат микросателлитного анализа – это разделение на два обособленных кластера аквакультурных особей ленского происхождения из всех исследованных нами стад. Если обратить внимание на данные о годах рождения выборок аквакультурных особей (см. табл. 1), то в кластер, который содержит и особей из природной популяции, попадают выборки 1990–1996 гг. рождения, а в другой, “аквакультурный”, кластер попадают выборки старше 2001 г. рождения (табл. 3). Также в “аквакультурном” кластере наблюдается снижение количества аллелей на locus (табл. 4), а именно исчезают редкие аллели, что

Таблица 4. Характеристика микросателлитных локусов

Локус, диапазон, пн	Объединенные выборки														
	Лена-1			Лена-2			Обь			Енисей-Байкал			Общая		
	H_e	H_o	N_a	H_e	H_o	N_a	H_e	H_o	N_a	H_e	H_o	N_a	H_e	H_o	N_a
<i>An20</i> 145–185	0.98	0.97	10	0.97	0.99	8	0.99	0.94	11	1	0.98	11	1	0.98	11
<i>AoxD165</i> 168–210.	0.98	0.95	14	0.92	0.92	11	0.99	1	17	0.99	0.99	18	0.97	0.96	18
<i>Afug41</i> 169–257	0.99	0.99	15	0.99	0.99	10	1	1	16	1	1	15	1	0.99	16
<i>Afug51</i> 228–300	0.99	0.92	16	0.92	0.81	5	1	0.92	19	0.99	0.92	18	0.97	0.88	19
<i>AoxD161</i> 98–146	0.99	1	11	0.99	1	11	1	1	13	0.99	1	13	0.99	1	13
Среднее значение	0.99	0.97	13.2	0.96	0.94	9	1	0.97	15.2	0.99	0.98	15	0.99	0.96	15.4

характерно для популяций, находящихся в угнетенном депрессивном состоянии, или, говоря об аквакультуре, количество используемых производителей недостаточно велико (менее 50 особей) [18]. В нашем случае в первый “природный” кластер попало 297 особей, а в “аквакультурный” 243 особи, что позволяет нам сравнивать данные без введения поправок на неравномерную чис-

ленность представленных выборок. Особенно резкое снижение количества аллелей наблюдается у локуса *Afug51* – с 16 до 5, и наблюдаемая гетерозиготность ($H_o = 0.81$) минимальна из всех исследованных локусов.

Возможно предположить, что в процессе селекционной работы, проводимой на Конаковском осетровом заводе при выведении одомашненной формы ленского осетра [19] (№ 9357522; дата внесения в госреестр 1993 г.) и далее породы Лена-1 [19] (№ 9463263; дата внесения в госреестр 2008 г.), в процессе селекции оставалось потомство небольшого числа особей. Если существенно сокращается количество используемых производителей, то в силу генетического дрейфа существует высокая вероятность, что редкие аллели будут утеряны, и через ряд поколений это может привести к инбредной депрессии и потере эволюционной пластичности. Для аквакультуры это может означать уменьшение устойчивости к болезням, увеличение доли уродств при развитии, уменьшение плодовитости и ухудшение товарных качеств получаемой продукции.

При этом следует учесть, что мы говорим сейчас о “ленской” аквакультуре в целом, но на практике между аквакультурными стадами, принадлежащими различным хозяйствам, как правило, не происходит обмен производителями для поддержания генетической гетерогенности стада. А значит, из года в год, используя малое количество доступных производителей, скрещивая между собой родителей и их же потомков, аквакультура сибирского осетра может очень быстро расте-

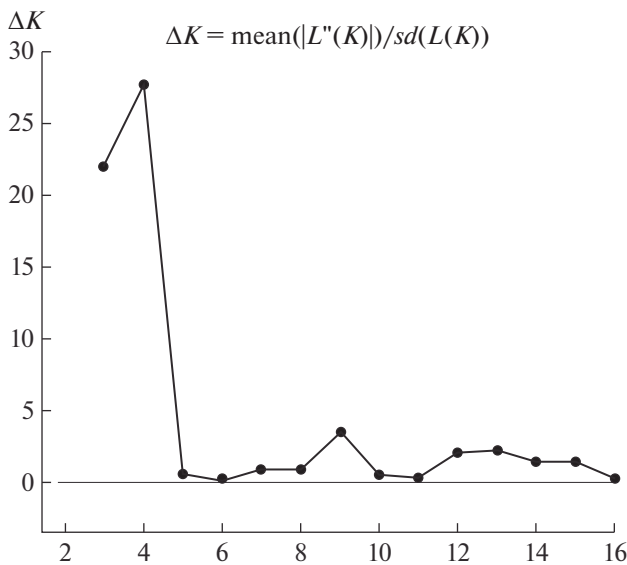


Рис. 1. Оптимальное количество полученных кластеров (ΔK).

рять весь адаптивный потенциал, свойственный данному виду.

В связи с вышеизложенным рекомендуется создать селекционные центры, в которых содержалось бы генетически разнородное маточное стадо, регулярно проводился бы мониторинг и у которых аквакультурные хозяйства могли бы приобретать посадочный материал для поддержания генетического полиморфизма собственных стад сибирского осетра.

Первичные данные доступны по запросу авторам.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ № 15-29-02766 (пробоподготовка, анализ ядерной ДНК) и РНФ № 16-14-00221 (анализ полиморфизма мтДНК).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bronzi P., Rosenthal H., Gessner J. Global sturgeon aquaculture production: an overview // *J. Appl. Ichthyol.* 2011. V. 27. P. 169–175. doi 10.1111/j.1439-0426.2011.01757
2. Bronzi P., Rosenthal H. Present and future sturgeon and caviar production and marketing: A global market overview // *J. Appl. Ichthyol.* 2014. V. 30. P. 1536–1546.
3. Малютин В.С., Рубан Г.И. К истории рыбоводного освоения сибирского осетра *Acipenser baerii* реки Лена для целей акклиматизации и товарного выращивания // *Вопр. ихтиологии.* 2009. Т. 49. № 3. С. 389–395.
4. Смольянов И.И. Технологии формирования и эксплуатации маточных стад сибирского осетра в тепловодных хозяйствах. М.: ВНИИПРХ, 1987. 43 с.
5. Williota P., Sabeaub L., Gessner J. et al. Sturgeon farming in Western Europe: recent developments and perspectives // *Aquat. Living Resour.* 2001. V. 14. P. 367–374.
6. Каталог пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ. М.: Агропрогресс, 2001. С. 190.
7. Нефедов С.А., Демкина Н.В., Новикова Е.В., Нефедова И.В. Формирование маточного стада сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt обской популяции в промышленных условиях и оценка его генетической гетерозиготности // *Вопр. рыболовства.* 2008. Т. 9. № 3(35). С. 717–723.
8. Мюге Н.С., Барминцева А.Е. Методика генотипирования производителей и молоди осетровых видов рыб с целью проведения генетического мониторинга искусственного воспроизводства // *Actual status and conservation of natural population of sturgeon fish Acipenseridae.* Olsztyn, 2014. P. 159–165.
9. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб 558: технический доклад ФАО по рыбному хозяйству, продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. Анкара, 2013. С. 214–216.
10. Барминцева А.Е., Мюге Н.С. Природный генетический полиморфизм и филогеография сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869 // *Генетика.* 2017. Т. 53. № 3. С. 345–355.
11. Zane L., Patarnello T., Ludwig A. et al. Isolation and characterization of microsatellites in the Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii*) // *Mol. Ecol. Notes.* 2002. V. 2. P. 586–588.
12. Welsh A.B., Blumberg M., May B. Identification of microsatellite loci in lake sturgeon *Acipenser fulvescens* and their variability in green sturgeon *A. medirostris* // *Mol. Ecol. Notes.* 2003. V. 3. P. 47–55.
13. Henderson-Arzapalo A., King T.L. Novel microsatellite markers for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) population delineation and broodstock management // *Mol. Ecol. Notes.* 2002. V. 2. P. 437–439.
14. Pritchard J.K., Stephens M., Donnelly P. Inference of population structure using multilocus genotype data // *Genetics.* 2000. V. 155. P. 945–959.
15. Earl D.A., VonHoldt B.M. Structure Harvester: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method // *Cons. Genet. Res.* 2012. V. 4. P. 359–361. doi 10.1007/s12686-011-9548-7
16. Rozas J., Sánchez-DelBarrio J.C., Messeguer X., Rozas R. DnaSP. DNA polymorphism analyses by the coalescent and other methods // *Bioinformatics.* 2003. V. 19. № 18. P. 2496–2497.
17. Породы и одомашненные формы осетровых рыб. М.: Столичная типография, 2008. С. 23.
18. Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия. М.: Изд-во научн. и учебно-методич. центра, 2002. 256 с.
19. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 2. Породы животных. М.: Росинформагротех, 2016. 172 с.

Genetic Variation of the Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) in Aquaculture

A. E. Barmintseva^{a, b, *} and N. S. Muge^{a, b, **}

^aRussian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, 107140 Russia

^bKoltzov Institute of Developmental Biology, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119334 Russia

*e-mail: bae69@mail.ru

**e-mail: muge@mail.ru

Genetic variation of aquaculture broodstocks of the Siberian sturgeon of different origin from 13 farms across the Russian Federation was assessed at five tetraploid microsatellite loci and the mitochondrial DNA control region. At present, in aquaculture stocks of Siberian sturgeon originating from the Lena and Ob rivers, a sharp

decline of haplotype diversity is observed. The most part of aquaculture individuals carry two major haplotypes characteristic of the European part of Russia (the Lena aquaculture) and two haplotypes characteristic of the western part of Siberia (the Ob aquaculture). According to the results of the microsatellite analysis, in sturgeon aquaculture stock originating from the Lena River, two genetic clusters can be distinguished. One of these clusters is represented by the stocks composed of inbred individuals and, because of this, is characterized by depleted allelic variation and the loss of rare alleles.

Keywords: Siberian sturgeon, mitochondrial DNA, mtDNA haplotype diversity, control region, microsatellite analysis, genetic polymorphism.