

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии»  
(ФГБНУ «ВНИРО»)

XI международная научно-практическая конференция молодых учёных  
и специалистов

**СОВРЕМЕННЫЕ  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ  
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

25-26 сентября 2023 года, г. Санкт-Петербург

Москва  
Издательство ВНИРО  
2023

Рецензенты:

*Буяновский А.И.*, д.б.н., главный научный сотрудник отдела гидробионтов прибрежных экосистем  
ФГБНУ «ВНИРО»;

*Микодина Е.В.*, д.б.н., профессор МГУТУ им. К.Г. Разумовского;

*Симдянов Т.Г.*, к.б.н., доцент кафедры зоологии беспозвоночных Биологического факультета МГУ им.  
М.В. Ломоносова

**C56**            **Современные** проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы XI международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов / Под ред. М.В. Сытовой, И.И. Гордеева, В.А. Голотина, Т.А. Филатовой, Д.К. Митрюшкиной, Е.А. Кондаковой – М.: Изд-во ВНИРО, 2023. – 246 с.

Логотип конференции – Мария Норкина. Оформление обложки – И.И. Гордеев.

## Оценка генетического разнообразия стад русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) каспийской популяции семи осетровых рыболовных заводов ФГБУ «Главрыбвод»

*В.Д. Щербакова, А.Е. Барминцева, А.С. Сафронов*

ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва  
e-mail: viktorina.shch@mail.ru

**Аннотация.** Проведено исследование аллельного и гаплотипического разнообразия стад производителей русского осетра, участвовавших в нерестовых кампаниях в 2015-2022 гг. Показана ежегодная однородность диаграмм распределения аллелей по 5 микросателлитным локусам для стад всех заводов. Гаплотипическое разнообразие, наблюдаемое в каждой нерестовой кампании, также является малоизменчивой характеристикой и схоже между заводами. Таким образом, на заводах, благодаря доместикации производителей осетровых рыб, успешно проведенной ранее, содержится генетически разнородное стадо, близкое по разнообразию к природной популяции русского осетра в Каспии. Единственным заводом, где авторами отмечено наименьшее аллельное разнообразие, а также периодические уменьшения гаплотипического разнообразия ниже среднего уровня по заводам, является Волгоградский ОРЗ, что может быть объяснено большим процентом рыб заводского происхождения, участвующих в нересте.

**Ключевые слова:** аллельное разнообразие, гаплотипическое разнообразие, искусственное воспроизводство

Численность осетровых рыб – уникальных представителей ихтиофауны Волжско-Каспийского бассейна – в XX веке была значительно сокращена из-за воздействия различных антропогенных факторов. Поддержанием численности природных популяций осетровых рыб Каспийского моря в настоящее время занимаются 7 осетровых рыболовных заводов (далее ОРЗ) ФГБУ «Главрыбвод», осуществляющих выпуск подрощенной молоди русского осетра, белуги и севрюги в места естественного нереста (Судакова и др., 2018). С 2015 г. проводится ежегодный мониторинг для оценки эффективности деятельности ОРЗ по воспроизводству осетровых видов рыб. Оценивается количество выловленной в Каспийском море молоди, для которой устанавливается родительская пара производителей и завод, с которого был осуществлён выпуск (Щербакова и др., 2023). Масштабные исследования по генетическому мечению производителей, реализуемые в рамках программы, позволили накопить большой массив данных о генетическом разнообразии стад русского осетра, содержащихся на ОРЗ.

Изучение аллельного и гаплотипического разнообразия стад производителей русского осетра, участвовавших в нерестовых кампаниях в 2015-2022 гг., проводилось с целью получения гетерогенной молоди для выпуска в естественную среду. В таблице 1 представлен объем материала за все годы исследования. Некоторые особи за 8 лет участвовали в нересте два и более раз. В каждом нерестовом сезоне выборки со всех заводов были репрезентативными. Для генотипирования использовали контрольный регион мтДНК (Д-петлю) и ядерные маркеры - микросателлитные локусы: AoxD161, Afug41, Afug51, An20, AoxD165 (Щербакова и др., 2023).

**Таблица 1.** Количество прогенотипированных рыб с ОРЗ за 2015-2022 гг.

	Бертюльский	Сергиевский	Кизанский	Житнинский	Лебяжий	Александровский	Волгоградский
Самки	637	660	334	749	469	641	406
Самцы	119	187	88	288	124	218	137

Согласно полученным после обработки и обобщения данным, распределение частот аллелей микросателлитных локусов не имеет значительных различий, как между заводами, так и между выборками самок и самцов, и по уровню генетического полиморфизма схоже с природной популяцией русского осетра Каспийского моря. Исключение составляет только выборка из Волгоградского ОРЗ. При анализе числа и диапазона аллелей у этих рыб наблюдается сокращение числа редких аллелей по всем исследованным локусам на протяжении всех исследованных нерестовых кампаний. Это может быть связано с тем, что в каждой нерестовой кампании с этого завода принимает участие большое количество особей заводского происхождения, то есть, выращенных «от икры». Такие выборки более инбредны, чем выборки, полученные от доместичированных производителей, что негативно сказывается на аллельном разнообразии получаемой молодежи.

Гаплотипическое разнообразие ( $H_o$ ), посчитанное для стад самок на различных заводах относительно невелико и мало отличается от завода к заводу (0,23-0,31) (табл. 2). Однако, ежегодная оценка этого показателя только для самок, которые принимают участие в нерестовой кампании, показывает гораздо более высокое значение (0,51-0,84). Такое значительное различие  $H_o$  всего стада и совокупности рыб, участвующих в нерестовой кампании, может происходить по двум причинам. Во-первых, в нерестовой кампании отдают предпочтение созревшим доместичированным особям, заведомо более генетически разнородным, чем рыбы заводского происхождения. Во-вторых, достижение половой зрелости и последующие созревания одновозрастных групп рыб заводского происхождения, которые часто являются близкородственными и имеют один и тот же мтДНК гаплотип (что сильно снижает показатель  $H_o$ ), происходит не одновременно. Единовременного созревания в один год большого количества рыб с одинаковым гаплотипом не наблюдается. Именно поэтому ежегодные показатели  $H_o$  принимают стабильно высокие значения на заводах ( $H_o > 0,6$ ), что является очень хорошим показателем для успешности проведения искусственного воспроизводства. Лишь в некоторые годы наблюдается чуть меньшее гаплотипическое разнообразие у рыб Волгоградского ОРЗ, что может быть объяснено попаданием на нерест большого количества производителей заводского происхождения.

Важной генетической характеристикой маточных стад является наличие уникальных гаплотипов мт-ДНК, имеющих только у рыб конкретного завода. Идентификация мт-ДНК гаплотипа самок имеет высокую информационную значимость для целей генетического мечения выпускаемого потомства и значительно повышает эффективность используемой панели генетических маркеров. При обнаружении молодежи с уникальным гаплотипом возможно сразу определить ОРЗ, с которого эта молодежь была выпущена. Относительное количество уникальных гаплотипов каждого завода приведено в таблице 2. Наибольшее количество уникальных последовательностей нуклеотидов мт-ДНК отмечено на Александровском и Житнинском ОРЗ, минимальное число – на Лебяжьем ОРЗ.

Таблица 2. Характеристика гаплотипического разнообразия стад.

ОРЗ	Количество уникальных гаплотипов	Относительное количество уникальных гаплотипов	Гаплотипическое разнообразие всего стада	Гаплотипическое разнообразие в один нерестовый сезон
Лебяжий	6	0,013	0,28	0,73
Кизанский	7	0,021	0,31	0,84
Волгоградский	16	0,039	0,29	0,51
Бертюльский	15	0,024	0,24	0,84
Сергиевский	18	0,029	0,28	0,77
Житнинский	19	0,025	0,23	0,7
Александровский	24	0,037	0,25	0,63

Авторами отмечено, что 31,2% всех гаплотипов является уникальным, и они присущи рыбам только одного из заводов (табл. 3). Дальнейшее процентное распределение частоты встречаемости общих гаплотипов между заводами является ожидаемым, оно уменьшается с

увеличением числа заводов, т.к. в момент отлова производителей с целью доместикиации достаточно сложно отобрать схожих по гаплотипу рыб и распределить их по всем ОРЗ.

Общее количество обнаруженных гаплотипов на всех исследуемых ОРЗ – 337, что составляет 81,4% от всех последовательностей каспийского русского осетра, занесенных в реестр мтДНК гаплотипов ФГБНУ «ВНИРО». Это говорит об успешности проводимых мероприятий по доместикиации, в результате которых были созданы стада с очень высоким генетическим полиморфизмом, немного уступающим природной популяции осетров, существовавшей в конце прошлого века на Каспии.

**Таблица 3.** Распределение количества гаплотипов по встречаемости на заводах.

Количество заводов, где встречается гаплотип	Количество гаплотипов	%
только на 1	105	31,2
на 2	73	21,7
на 3	47	13,9
на 4	26	7,7
на 5	30	8,9
на 6	30	8,9
На всех 7	26	7,7
	Всего гапл.: 337	

Таким образом, по результатам ежегодных исследований в 2015-2022 гг. отмечено, что на шести заводах (Александровский, Бертюльский, Кизанский, Житнинский, Лебяжий, Сергиевский) наблюдается высокий генетический полиморфизм используемых маточных стад. На Волгоградском ОРЗ отмечена некоторая потеря генетического разнообразия по ядерным и митохондриальным маркерам. Это может быть связано с использованием в нерестовых кампаниях на этом заводе большого числа производителей, выращенных «от икры». Анализ гаплотипического разнообразия, проводимый ежегодно в каждую нерестовую кампанию, показал небольшую изменчивость этой характеристики между заводами. Определен достаточно большой процент уникальных гаплотипов, способствующих более простой идентификации принадлежности молоди к конкретному заводу.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что на 7 ОРЗ, осуществляющих искусственное воспроизводство каспийской популяции русского осетра, содержится разнородное стадо, близкое по генетическому разнообразию к природной популяции. Это способствует успешному проведению нерестовых кампаний, уменьшению вероятности близкородственного скрещивания при искусственном осеменении и получению наиболее жизнеспособного потомства, которое в будущем составит основу популяции русского осетра в Каспийском море.

### Список литературы

Судакова Н. В., Микодина Е. В., Васильева Л. М. 2018. Смена парадигмы искусственного воспроизводства осетровых рыб (*Acipenseridae*) в Волжско-Каспийском бассейне в условиях дефицита производителей естественных генераций. Сельскохозяйственная биология. – Т. 53. – №. 4. – С. 698-711.

Щербакова В.Д., Барминцева А.Е., Сафронов А.С. 2023. Оценка вклада каспийских осетровых рыбоводных заводов ФГБУ «Главрыбвод» в пополнение природной популяции русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) в 2022 г. с применением генетических методов // Сборник трудов конференции «РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ». – С. 311-316.