

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПАСПОРТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ БЕЛУГИ (*HUSO HUSO L.*), ВЫРАЩИВАЕМЫХ В АКВАКУЛЬТУРЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. М. Слуквин¹⁾, Я. И. Шейко¹⁾, Я. П. Кулешевич¹⁾ В. Т. Демянчик²⁾,
В. В. Демянчик²⁾, В. П. Рабчук²⁾

¹⁾ Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии
Национальной академии наук Беларуси», Беларусь, 220007, г. Минск, A.Slukvin@igc.by

²⁾ Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт
Национальной академии наук Беларуси», Беларусь, 224030, г. Брест, koktebel.by@mail.ru

Разработан генетический паспорт для производителей белуги (*Huso huso L.*), состоящий из персонального набора аллелей по 7-ми микросателлитным локусам (An20, Afug41, Afug51, Aox23, AoxD161, AoxD165, Spl106), 1-го SNP видоспецифичного для белуги маркера ДНК S6 Ribosomal Protein (RP2S6)), гаплотипа мтДНК, популяционной и хозяйственной принадлежности, возраста, номера чипа (метки), пола особи, даты выдачи паспорта. В приложениях 1 и 2 к генетическому паспорту самки и самца белуги содержатся сведения о величинах весовых, морфометрических, репродуктивных показателей в динамике за ряд лет, а также фото особи в трех проекциях (сбоку, сверху, снизу).

Ключевые слова: белуга (*Huso huso L.*, 1758); аквакультура; генетический паспорт белуги; STR и SNP маркеры; мтДНК; популяционная принадлежность; весовые, морфометрические и репродуктивные характеристики самки и самца белуги; фото производителей белуги (в трех проекциях).

INDIVIDUAL GENETIC PASSPORTING OF BELUGA (*HUSO HUSO L.*) BREEDERS BEING REARED IN THE AQUACULTURE OF THE REPUBLIC OF BELARUS

A. M. Slukvin¹⁾, Ya. I. Sheiko¹⁾, Ya. P. Kuleshevich¹⁾ V. T. Demyanchik²⁾,
V. V. Demyanchik²⁾, V. P. Rabchuk²⁾

¹⁾ State Scientific Institution "Institute of Genetics and Cytology of the National Academy of Sciences of Belarus"
27 Akademicheskaya St., Minsk 220007, Belarus A.Slukvin@igc.by

²⁾ State Scientific Institution "Polesie Agrarian and Ecological Institute of the National Academy of Sciences
of Belarus" 41 Sovetskikh Pogranichnikov St., Brest 224030, Belarus koktebel.by@mail.ru

A genetic passport for beluga (*Huso huso L.*) breeders was designed, it consists of an individual set of alleles by 7 microsatellite loci (An20, Afug41, Afug51, Aox23, AoxD161, AoxD165 and Spl106), the first species-specific SNP marker for beluga (S6 Ribosomal Protein (RP2S6)), a mtDNA haplotype, the population and economic affiliation, age, the chip (tag) number, sex of an individual and the date of passport issue. The Appendices 1 and 2 to the genetic passport of the female and male beluga contain information on the values of weight, morphometric and reproductive parameters of female and male beluga in dynamics for over a number of years, as well as a photo of an individual in three projections (side, top and bottom).

Keywords: beluga (*Huso huso L.*, 1758); aquaculture; beluga's genetic passport; STR and SNP markers; mtDNA; population affiliation; weight, morphometric and reproductive characteristics of female and male beluga; the photo of beluga breeders.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2025-1-365-369>

Введение. Белуга (*Huso huso* (Linnaeus, 1758)), как и ряд других видов осетровых (Acipenseridae), занесена в Красный список МСОП как вид, находящийся под угрозой исчезновения. Она также занесена в Приложение II СИТЕС из-за катастрофического сокращения естественной численности популяции. Белуга также включена в многочисленные региональ-

ные Красные книги России, Украины и других стран. Считается, что сокращение численности дикой белуги происходит из-за незаконного промысла, разрушения естественной среды обитания и строительства плотин на путях ее нерестовых миграций. В последний раз белуга на территории Беларуси была зарегистрирована в реке Сож (Гомельская область) в 1907 году, но сейчас это вряд ли возможно, так как пути ее миграции перекрыты плотинами каскада Днепровских ГЭС. Поэтому, единственным способом сохранения генофонда этого ценного вида проходных осетровых является создание одомашненного маточного стада белуги в аквакультуре, совершенствование методов искусственного воспроизводства, получение достаточного количества качественного рыбопосадочного материала, межвидовая гибридизация, получение товарной рыбы.

С целью расширения ассортимента рыбной продукции в 2008 году в Беларусь из Ростовской области (РФ) была завезена молодь белуги средней массой 5 граммов и в настоящее время на базе ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» сформировано единственное в стране маточное стадо белуги, однако видовая чистота и популяционная принадлежность, выращиваемой в хозяйстве белуги оставались неизученными.

Целью настоящей работы являлась – оптимизация условий сохранения, наращивания и рационального использования единственного в стране генофонда белуги (*Huso huso* L.) путем разработки и внедрения передовых методов молекулярного маркирования и генетической паспортизации животных, находящихся на грани исчезновения и под охраной CITES и IUCN.

Материалы и методики исследований. Объектом исследований являлись производители белуги (*Huso huso* (Linnaeus, 1758)), выращиваемые в аквакультуре в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» (Брестская область, Республика Беларусь). В настоящее время в прудах хозяйства содержатся 178 экз. белуги семнадцатигодовалого возраста, чипированных электронными метками фирмы Hallprint (Австралия).

ДНК экстрагировали фенол-хлороформным методом из небольших фрагментов грудных плавников, собранных у белуги прижизненным способом при проведении весенних и осенних бонитировок в 2022-2024 гг. Фиксировали биообразцы 96% этанолом.

Для проведения молекулярно-генетических исследований были использованы 4 методики:

1. Видовой идентификации и анализа родства с использованием панели 7-ти STR-локусов (An20, Afug41, Aox23, AoxD165, AoxD161, Afug51, Spl106) [1-9];

2. Обнаружения специфичного для белуги маркера SNP во втором интроне ядерного рибосомного белка S6 (RP2S6) [10];

3. Обнаружения двух позиций SNP, видоспецифичных для белуги и стерляди и, служащих сайтами специфического связывания диагностических праймеров для установления видовой чистоты (анализ присутствия межвидовых гибридов в стаде);

4. Секвенирования контрольной области митохондриальной D-петли размером 367 п.о. для популяционной идентификации белуги и гаплотипа [6].

Выравнивание и сравнение последовательностей проводили с помощью программы MEGA X. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программы Excel.

Масса тела (W, кг) и морфометрические измерения у белуги (n=178) проводились при весенней и осенней бонитировках по 4 параметрам (абсолютная длина тела от начала рострума головы до конца верхней лопасти хвостового плавника – L (см), длина тела от начала рострума головы до конца стебля хвостового плавника - l (см), охват тела - (O, см), высота тела - (H, см). У производителей белуги определяли также коэффициент упитанности по Фультону. Величины репродуктивных показателей самок и самцов оценивали во время проведения искусственного нереста.

Результаты исследований. Молекулярные исследования производителей белуги (n=178) с использованием 7-ми STR и 1-го SNP маркера, мтДНК подтвердили чистоту вида (*Huso*

huso L.), установлено близкое родство особей в маточном стаде, определена волго-каспийская популяционная принадлежность белуги с гаплотипом №3 (по классификации ВНИРО, г. Москва, РФ). При бонитировке производителей белуги весной 2024 года определены величины весовых, морфометрических и у некоторых особей репродуктивных показателей, проведена фотосъемка каждой из 178 особей белуги в трех ракурсах. Примеры разработанного индивидуального генетического паспорта для чипированных самки и самца белуги, представлены на рис. 1–6.

 Institute of Genetics and Cytology
of the National Academy of Sciences of Belarus

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ БЕЛУГИ
(HUSO HUSO L.)
(пример)

Вид: Белуга (*Huso huso* L.)
Особь принадлежит: ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» Березовского района Брестской области
Возраст: 16 лет
Чип (метка): № 981098104797786
Пол: Самка

Набор аллелей семи микросателлитных (STR) маркеров и одного видоспецифичного для белуги (SNP) маркера

Наименование микросателлитного локуса	An20	Afag 41	AoxD 165	AoxD 161	Afag 51	Aox 23	Spl 106	RP 256
Аллели								
1	141	241	180	104	236	113	114	194
2	141	241	180	104	244	117	114	194

Митохондриальная ДНК: **HUS_HAP 03**, GenBank AY846650.1:
3A-40A-76A-124C-174C-230T-315G-350C-351C (классификация ВНИРО, РФ, г. Москва). Популяционная принадлежность – **каспийская**.

Младший научный сотрудник лаборатории генетики животных
(должность лица, проводящего генетический анализ)
Я. П. Кулешевич
(подпись) (инициалы, фамилия)

Ведущий научный сотрудник лаборатории генетики животных
(должность лица, проверяющего результаты анализа)
А. М. Слуквин
(подпись) (инициалы, фамилия)

Рис. 1. Генетический паспорт самки белуги

Приложение 1
Белуга (*Huso huso* L.)
Пол: самка
Чип (метка): №981098104797786
Весовые, морфометрические, репродуктивные характеристики самки белуги и фото в трех просветах

Год	Вес, кг	L, см	L _{SM} , см	H, см	O, см	Ky	P _{яиче-клеток} , шт	P _{яиче-клетки} , шт	Абсо-лю-т-ная пло-дот-вор-ность, тыс. шт. зр.	Относ-итель-ная пло-дот-вор-ность, тыс. шт. зр./кг	Примечание
2024	62	190	159	30	94	0.9	6.0	19	315.8	5.1	
2026	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2028	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2030	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2032	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2034	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2036	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2038	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2040	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2042	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Примечание:
Р – масса тела (кг)
L – Длина тела от начала рострума головы до конца верхней челюсти хвостового плавника (см);
L_{SM} – Длина тела от начала рострума головы до начала хвостового плавника (см);
H – Высота тела (см);
O – Охват тела (см);
Ky – Коэффициент упитанности;
Абсолютная плодовитость (тыс. шт.);
Относительная плодовитость (тыс. шт./кг)

Рис. 2. Морфометрические и репродуктивные характеристики самки белуги

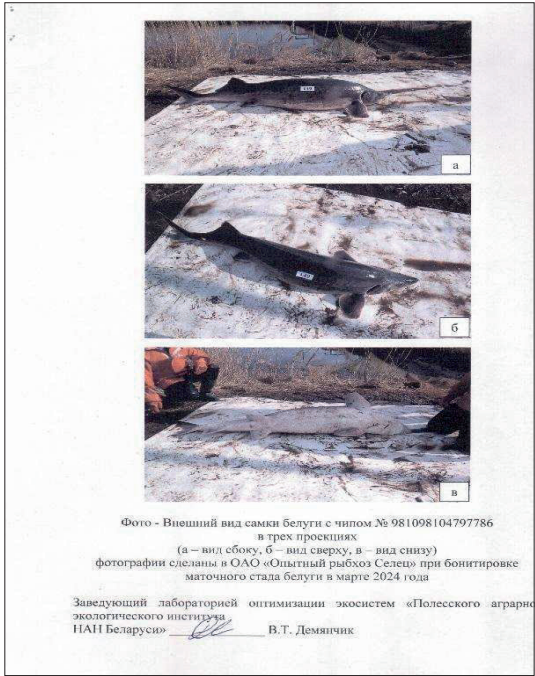


Рис. 3. Фото самки белуги в трех ракурсах

 Institute of Genetics and Cytology
of the National Academy of Sciences of Belarus

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ БЕЛУГИ
(HUSO HUSO L.)
(пример)

Вид: Белуга (*Huso huso* L.)
Особь принадлежит: ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» Березовского района Брестской области
Возраст: 16 лет
Чип (метка): № 981098104799921
Пол: Самец

Набор аллелей семи микросателлитных (STR) маркеров и одного видоспецифичного для белуги (SNP) маркера

Наименование микросателлитного локуса	An20	Afag 41	AoxD 165	AoxD 161	Afag 51	Aox 23	Spl 106	RP 256
Аллели								
1	137	241	180	104	236	125	114	194
2	141	241	180	104	240	133	114	194

Митохондриальная ДНК: **HUS_HAP 03**, GenBank AY846650.1:
3A-40A-76A-124C-174C-230T-315G-350C-351C (классификация ВНИРО, РФ, г. Москва). Популяционная принадлежность – **каспийская**.

Младший научный сотрудник лаборатории генетики животных
(должность лица, проводящего генетический анализ)
Я. П. Кулешевич
(подпись) (инициалы, фамилия)

Ведущий научный сотрудник лаборатории генетики животных
(должность лица, проверяющего результаты анализа)
А. М. Слуквин
(подпись) (инициалы, фамилия)

Рис. 4. Генетический паспорт самца белуги

Приложение 2 – форма для самца
Белуга (*Huso huso* L.)
Пол: самец
Чип (метка): № 981098104799921
Весовые, морфометрические, репродуктивные характеристики самца белуги и фото в трех проекциях

Год	Р, кг	L, см	L ₁ , см	H, см	O, см	K _u	V, мл	Качество спермы (балл)	Примечание
2024	56	194	158	28	89	0,8	180	5	
2026	—	—	—	—	—	—	—	—	
2028	—	—	—	—	—	—	—	—	
2030	—	—	—	—	—	—	—	—	
2032	—	—	—	—	—	—	—	—	
2034	—	—	—	—	—	—	—	—	
2036	—	—	—	—	—	—	—	—	
2038	—	—	—	—	—	—	—	—	
2040	—	—	—	—	—	—	—	—	
2042	—	—	—	—	—	—	—	—	

Примечание:
Р – Масса (кг)
L – Длина тела от начала рострума головы до конца верхней лопасти хвостового плавника (см)
L₁ – Длина тела от начала рострума головы до начала хвостового плавника (см)
H – Высота тела (см)
O – Округлость (см)
K_u – Коэффициент упитанности;
V спермы – Объем спермы (мл)
Качество спермы (балл)

Рис. 5. Морфометрические и репродуктивные характеристики самца белуги

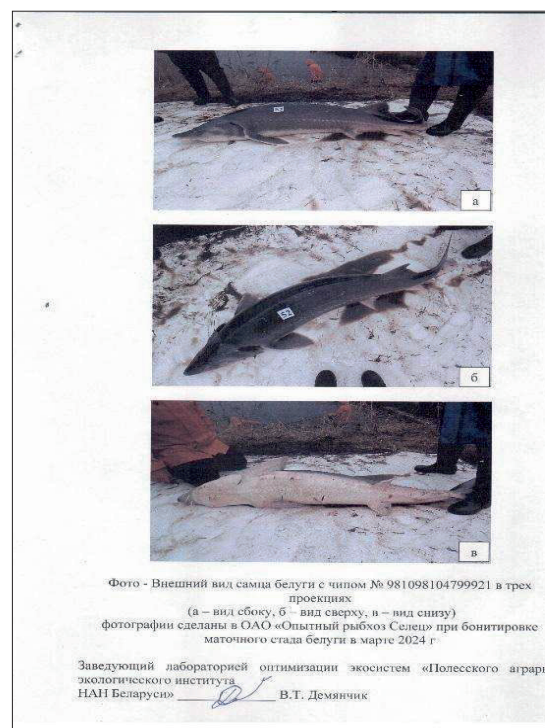


Рис. 6. Фото самца белуги в трех ракурсах

Выводы.

– Разработана и утверждена форма генетического паспорта белуги, включающая персональные генетические характеристики каждой особи по 7-ми STR маркерам (An20, Afug41, Afug51, Aox23, AoxD165, AoxD161, Spl106, видоспецифичному для белуги SNP маркеру S6 Ribosomal Protein (RP2S6)), мтДНК, гаплотип, популяционную принадлежность;

– У производителей белуги в ОАО «Опытный рыбхоз «Селец» с помощью мтДНК установлены гаплотип №3 по классификации ВНИРО, г. Москва и каспийская популяционная принадлежность;

– Индивидуальный генетический паспорт белуги дополнен приложениями 1 и 2 по величинам весовых, морфометрических и репродуктивных показателей самок и самцов в преднерестовый период и во время нереста, которые необходимы рыбводам хозяйства для учета роста рыб, проведения расчетов количества задаваемого корма, определения доз гипофизарной инъекции при проведении искусственного нереста, оценки плодовитости особей белуги по годам;

– Индивидуальные фото производителей белуги, представленные в качестве дополнения к генетическому паспорту белуги, позволяют получить информацию об индивидуальном фенотипе каждой особи, о наличии возможных морфологических отклонений, о травмах в течение жизни особей. Эта дополнительная информация необходима для создания элитного маточного стада белуги, отбора пар производителей для искусственного воспроизводства, проведения селекционно-племенной работы с белугой.

– Генетическая паспортизация маточных стад осетровых позволяет проводить работы по регистрации и аттестации аквакультурных, рыбоперерабатывающих предприятий, фирм, ИП в РБ на предмет производства, переработки и легальной продажи за рубеж деликатесной черной икры и другой продукции осетровых видов рыб в соответствии с требованиями СИТЕС и Постановлением СМ РБ №181 от 09.03.2015 «О некоторых вопросах производства и реализации осетровых видов рыб и (или) икры из них»;

– Разработанная форма генетического паспорта белуги (*Huso huso* L.) и приложения к ней предназначены для работников рыбоводных хозяйств, селекционеров в области аквакультуры, специалистов предприятий и фирм, занимающихся выращиванием селекцией и переработкой ценных видов осетровых рыб и их половых продуктов, научных сотрудников исследовательских институтов и специалистов рыбного хозяйства, для преподавателей и студентов высших и средних учебных заведений биологического, природоохранного, рыбохозяйственного и сельскохозяйственного профилей.

Библиографические ссылки

1. Zane L., Bargelloni L., Patarnello T. Strategies for microsatellite isolation: a review // Mol. Ecol. 2002 Jan; 11(1):1-16. doi: 10.1046/j.0962-1083.2001.01418.x.
2. Welsh A. B., Blumberg M., May B. Identification of microsatellite loci in lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, and their variability in green sturgeon, *A. medirostris* // Molecular Ecology Notes. 2003. Vol. 3. P. 47–55.
3. Henderson A.P., King T.L. Novel microsatellite markers for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) population delineation and broodstock management // *Molecular Ecology Notes*. 2002. 2(4):437 - 439(4): P.437 – 439.
4. Набор олигонуклеотидных праймеров для определения видовой принадлежности осетровых рыб и продукции из них: пат. RU № 2332463, 28 августа 2008 г. патентообладатель ФГУП «ВНИРО» / Мюге Н.С., Барминцева А.Е. дата публ. 28.08.2008. бюл. №24. 12 с.
5. Тимошкина Н.Н., Водолажский Д.И., Усатов А.В. Молекулярно-генетические маркеры в исследовании внутри- и межвидового полиморфизма осетровых рыб (*Acipenseriformes*) // Экологическая генетика. 2010. Т.VIII, № 1. С.12–24.
6. Барминцева, А.Е., Мюге Н.С. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (*Acipenseridae*) и выявления особей гибридного происхождения // Генетика животных. 2013. Т. 49. №9. С. 1093–1105.
7. Nuclear DNA markers for identification of Beluga and Sterlet sturgeons and their interspecific Bester hybrid / M. Havelka [et al.] // Scientific Reports 7, Article number 1694:2017. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01768-3>.
8. Defining criteria for the reintroduction of locally extinct populations based on contemporary and ancient genetic diversity: The case of the Adriatic Beluga sturgeon (*Huso huso*) / Elisa Boscari [et al.] // Divers. Distrib. 2021, 00. P. 1–12.
9. Genetic Investigation of Four Beluga Sturgeon (*Huso huso* L.) Broodstocks for its Reintroduction in the Po River Basin / Caterina M. Antognazza [et al.] // *Environments* 2021, 8(4), 25: <https://doi.org/10.3390/environments8040025>.
10. Fast genetic identification of the Beluga sturgeon and its sought-after caviar to stem illegal trade / Boscari E. [et al.] // Food Control. Vol. 75. May 2017. P. 145-152.