

РАЗВЕДЕНИЕ, СЕЛЕКЦИЯ, ГЕНЕТИКА И БИОТЕХНОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ / BREEDING, SELECTION,
GENETICS AND BIOTECHNOLOGY OF ANIMALS

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.3>

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНОК ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ СИБИРСКОГО ОСЕТРА ЛЕНСКОЙ
ПОПУЛЯЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОКРАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Научная статья

Никипелов В.И.^{1,*}, Отраднов П.И.², Никипелова А.К.³, Бардуков Н.В.⁴, Белоус А.А.⁵

¹ ORCID : 0009-0008-6411-2454;

² ORCID : 0000-0002-1153-5815;

³ ORCID : 0009-0002-8248-7555;

⁴ ORCID : 0000-0002-5497-2409;

⁵ ORCID : 0000-0001-7533-4281;

^{1, 2, 3, 4, 5} Федеральный исследовательский центр животноводства — ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Подольск,
Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vladnikipelovvij[at]mail.ru)

Аннотация

Сибирский осетр (*Acipenser baerii*) весьма ценен с экономической точки зрения как источник икры и высококачественной рыбной продукции. Проведенное исследование было направлено на оценку племенной ценности 374 особей в условиях установки замкнутого водоснабжения (УЗВ). Для этой цели были использованы коэффициенты повторяемости, генетические и фенотипические корреляции, охватывающие различные параметры, такие как рост и упитанность. Исследование было проведено на основе методологии наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP), применяемого для селекционно-генетического анализа. Этот метод, позволяет учитывать как фенотипические, так и генотипические корреляции, что способствует более точной оценке племенной ценности и отбора особей по лучшим показателям продуктивности.

Ключевые слова: сибирский осетр, популяция, товарная аквакультура, BLUP, оценка племенной ценности.

COMPARATIVE ANALYSES OF BREEDING VALUE ESTIMATES OF SIBERIAN STURGEON OF THE LENA
POPULATION BASED ON THE RESULTS OF REPEATED MEASUREMENTS

Research article

Nikipelov V.I.^{1,*}, Otradnov P.I.², Nikipelova A.K.³, Bardukov N.V.⁴, Belous A.A.⁵

¹ ORCID : 0009-0008-6411-2454;

² ORCID : 0000-0002-1153-5815;

³ ORCID : 0009-0002-8248-7555;

⁴ ORCID : 0000-0002-5497-2409;

⁵ ORCID : 0000-0001-7533-4281;

^{1, 2, 3, 4, 5} Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Podolsk, Russian Federation

* Corresponding author (vladnikipelovvij[at]mail.ru)

Abstract

Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) is very valuable from an economic point of view as a source of caviar and high-quality fish products. The study was aimed at assessing the breeding value of 384 individuals under the conditions of a recirculating water supply (RAS) installation. For this purpose, repeatability coefficients, genetic and phenotypic correlations covering various parameters such as height and body condition were used. The study was conducted based on the Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) methodology used for selection and genetic analysis. This method allows taking into account both phenotypic and genotypic correlations, which contributes to a more accurate assessment of breeding value and selection of individuals for the best productivity indicators.

Keywords: Siberian sturgeon, population, aquaculture, BLUP, breeding value assessment.

Введение

Сибирский осетр (*Acipenser baerii*) представляет собой важный объект изучения в области генетики и селекции. Биологически сибирский осетр имеет ряд уникальных особенностей, таких как долгий период жизни (в среднем до 60 лет), позднее половое созревание, миграции для нереста и особый внешний вид, отличающий его от других осетровых [1].

В условиях аквакультуры сибирский осетр способен быстро адаптироваться к различным условиям содержания (садковые хозяйства, УЗВ), что делает его перспективным объектом для товарного выращивания, так как значительно расширяет возможности разведения в различных регионах. Более того, сибирский осетр в тепловодных хозяйствах обладает темпа роста, в 7-9 раз превосходящими таковые в естественных условиях, что делает его ценным источником как для получения черной икры, так и высококачественной мясной продукции [2], [3].

В последние десятилетия этот вид столкнулся с различными проблемами, такими как деградация естественных популяций и недостаток диких производителей для разведения в неволе. Таким образом, проведение сравнительного анализа оценок племенной ценности сибирского осетра и изучение генетического разнообразия в популяциях,

содержащихся в искусственных условиях, становится необходимым для эффективного управления популяциями, сохранения генетического разнообразия и улучшения качества выращиваемой товарной продукции. Однако в случае отсутствия возможности проведения генетического анализа, оценка племенной ценности сибирского осетра может быть основана на значениях собственной продуктивности. Для этого можно использовать различные характеристики, такие как рост, упитанность, коэффициенты широкоспинности, а также скорость роста [2].

Фенотипический отбор включает в себя проведение бонитировок и формирование массива данных из индивидуальных характеристик каждой особи в поголовье с целью последующего использования этих данных для оценки племенной ценности [4]. Оценка племенной ценности также может сопровождаться определением генетических и фенотипических корреляций между различными признаками, являющимся неотъемлемой частью процесса комплексной оценки особей при формировании ремонтно-маточного стада для дальнейшего разведения. Важно осуществлять систематическое и комплексное измерение и учет фенотипических характеристик для более точной оценки племенной ценности особей, что, в свою очередь, способствует повышению эффективности программ разведения и селекции в условиях аквакультуры [5].

Подходом к оценке животных по собственной продуктивности в отраслях животноводства с развитым методологическим аппаратом (молочное скотоводство, свиноводство), доказавшим свою результативность, является метод наилучшего линейного несмещенного прогноза (Best Linear Unbiased Prediction, BLUP) [6], [7].

Данный метод впервые был представлен в 1984 году С. Р. Henderson и представляет собой метод оценки эффектов модели смешанного типа [8]. Этот метод подразумевает формирование математической модели, описывающей признак путем выявления влияния, учитываемых в ней эффектов на наблюдаемые значения путем анализа параметров разнообразия. Эффекты, включаемые в модель, подразделяются на фиксированные и рандомизированные. Разделение факторов на фиксированные и рандомизированные носит методологический характер и связано с оценкой компонентов вариации, в частности, генетической [9], [10]. Как правило, при оценке племенной ценности для определения генетической вариативности и, как следствие, коэффициента наследуемости исследуемых признаков, в качестве рандомизированного эффекта принимается эффект «животное», оценки которого представляют собой племенную ценность животных. Методология BLUP, в зависимости от применяемого подхода, учитывает степень генетической взаимосвязи между оцениваемыми особями. Этот учет может быть произведен на основании данных родословной (классическое родство), либо на основании данных генотипирования особей (геномное сходство) Однако гибкость метода позволяет также оценивать особей по собственной продуктивности без учёта их генетического сходства. При подобной оценке племенной ценности, учёт фиксированных эффектов в статистической модели BLUP происходит в полном объёме, однако эффект «животное» будет учитывать лишь индивидуальные различия между особями.

Также в таком случае будет принято допущение, что генетическая изменчивость в популяции однородна. Оценки животных при этом могут быть интерпретированы, как оценки племенной ценности, однако их точность в отсутствие данных о происхождении будет ниже, и для достижения приемлемой степени достоверности необходимо использовать множество записей о продуктивности одного и того же животного на протяжении различных периодов его роста и развития. Исходя из этого, в связи с необходимостью прогнозирования и выявления наилучших по росту и развитию особей, поставлена следующая цель научных исследований – провести расчет оценок племенной ценности по показателям продуктивности сибирского осетра ленской популяции генерации 2022 года, содержащихся в условиях установки замкнутого водоснабжения (УЗВ) на основании различных по объёму наборов данных.

В рамках поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) сформировать массив данных измерений за ряд бонитировок сибирского осетра ленской популяции;
- 2) рассчитать оценки племенной ценности особей на основании разных периодов их роста и развития;
- 3) определить наследуемость признаков, их генетическую и фенотипическую взаимосвязи;
- 4) определить достоверность полученных оценок;
- 5) смоделировать отбор особей по наиболее экономически значимым признакам;
- 6) охарактеризовать динамику полученных оценок особей по исследуемым признакам за всю совокупность измерений.

Новизна исследования состоит в том, что применение методологии наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP) к объектам товарной аквакультуры позволяет отделить компоненты паратипической изменчивости от генетической, что в перспективе позволит вести осмысленную племенную работу на уровне вида. Таким образом, данное исследование представляет важный шаг в понимании генетических и фенотипических характеристик сибирского осетра в условиях аквакультуры, и обеспечивает основу для развития более эффективных методов селекции и формированию ремонтно-маячных стад этого хозяйственно важного вида.

Материалы и методы

Материалом исследования были данные четырех бонитировок, проведенных на особях сибирского осетра ленской популяции (генерация апрель 2022 года) (n=374), содержащихся в экспериментальной установке замкнутого водоснабжения (УЗВ) на базе ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. Возраст рыбы на момент исследования составлял 1 год и 8 месяцев. Объем данных, собранных в первую бонитировку составил 374 записи (21.03.2023), во вторую бонитировку – 243 записи (11.05.2023), в третью – 195 записей (28.09.2023), в четвертую – 189 записей (07.12.2023). Уменьшение выборки связано с потерей индивидуальных меток и выбраковкой особей.

Коэффициент упитанности по Фультону f определяли по формуле [17]:

$$f = \frac{m \cdot 100}{l^3}$$

где: f – коэффициент упитанности;

m – масса тела рыбы, г;

l – длина тела рыбы, см.

Коэффициент широкоспинности Br определялся по формуле:

$$Br = \frac{CC \cdot 100}{l_1}$$

где: CC – наибольшая толщина тела;

l_1 – длина тела.

Для оценки племенной ценности осетров по собственной продуктивности использовалась методология математического моделирования признака путём составления смешанных моделей BLUP [18]. В общем виде уравнение имело вид:

$$y = X\beta + Zu + e$$

где: y – вектор наблюдаемых значений;

X – матрица распределения фиксированных эффектов;

β – вектор коэффициентов регрессии, соответствующих X ;

Z – матрица распределения рандомизированных эффектов;

u – вектор значений рандомизированных эффектов;

e – вектор остаточных эффектов модели.

Исходя из использования исключительно данных собственной продуктивности, решения данной модели в матричном виде производились, исходя из следующего представления модели оценки:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + I\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

где: X, Z – матрицы распределения наблюдений (записей о фенотипах в группах эффектов);

X', Z' – транспонированные матрицы X и Z ;

I – единичная диагональная матрица;

$$\alpha = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1-h^2}{h^2} \text{ – доля остаточной изменчивости в модели,}$$

где: $h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$ – коэффициент наследуемости.

Исходя из этого, собственно вычисление значений оценок эффектов производилось следующим образом:

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + I\alpha \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Единичная диагональная матрица I в нашем исследовании представляет собой частный случай матрицы родства A , используемой в моделях BLUP и имеет ранг, равный количеству эффектов «животное» в модели.

Для каждого признака была сформирована индивидуальная модель оценки, таким образом, смешанные модели, использованные в исследовании, имели вид:

$$W = Age + b_1 C + b_2 \text{ Body}_{CC} + a + e$$

$$ADG = Age + b_1 l_1 + a + e$$

$$\text{Back} = Age + b_1 \text{ Body}_{CC} + a + e$$

$$f = Age + b_1 H + a + e$$

где: W – значение признака «Живая масса»;

ADG – значение признака «Среднесуточный прирост»;

Back – «Коэффициент широкоспинности»;

f – «Коэффициент упитанности»;

Age – классификационный эффект возраста осетра в днях на момент бонитировки;

W_{class} – эффект классификации особи по живой массе, округленной до десятков;

C – длина головы (коварианта);

Body_{CC} – обхват тела (коварианта);

l_1 – длина тела (коварианта);

H – наибольшая высота тела (коварианта);

a – рандомизированный эффект «товарный объект аквакультуры» (интерпретируемый, как оценка племенной ценности);

e – остаточная изменчивость;

b_1 - b_2 – коэффициенты линейной регрессии соответствующих эффектов.

В рамках исследования проводилось три итерации оценок: первая учитывала только данные, собранные в ходе первой бонитировки, вторая – совокупность данных, полученных в ходе первой и второй бонитировок, третья включала всю совокупность информации, полученную в результате проведения измерений в рамках четырех бонитировок. Подобный подход позволяет учесть динамику роста и развития животных, что расширяет пул доступной для анализа информации, необходимый для получения более точных и релевантных результатов. Будучи методологией, основывающейся на анализе влияния различных факторов на изменчивость исследуемых признаков, BLUP позволяет получать тем более точные результаты, чем больше измерений, относящихся к оцениваемым индивидам, содержит набор обрабатываемых данных. Этот момент также приобретает критическую важность с учётом того, что в рамках исследования не было возможности учесть происхождение и степень родства особей между собой.

Исходя из применяемого подхода, первая итерация оценки племенной ценности учитывала 374 записи, вторая – 617 записей, третья – 1001 запись.

Результаты и обсуждение

Описательная характеристика исследуемой выборки по необходимым параметрам представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Описательная характеристика выборки по результатам четырех периодов измерения рыб

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.3.1>

Признак*	M±m	SD	min...max	CV, %
BW ₁ , г	469,82±5,55	93,10	179...734	19,82
BW ₂ , г	583,10±11,55	124,94	275...920	21,42
BW ₃ , г	1050,90±20,88	289,30	370...1960	27,52
BW ₄ , г	1388,80±27,02	368,51	650...2620	26,53
f ₁	0,29±0,000	0,03	0,17...0,38	10,93
f ₂	0,30±0,000	0,03	0,17...0,38	10,43
f ₃	0,66±0,004	0,06	0,46...0,90	9,16
f ₄	0,56±0,005	0,07	0,43...1,12	11,91
B _{r1} , %	0,106±0,001	0,010	0,083...0,135	9,356
B _{r2} , %	0,104±0,001	0,010	0,063...0,183	9,553
B _{r3} , %	0,110±0,001	0,008	0,089...0,146	7,115
B _{r4} , %	0,109±0,0005	0,007	0,092...0,129	5,993
ADG ₁ , г	1,87±0,05	0,91	-1,13...4,68	48,75
ADG ₂ , г	2,11±0,11	1,19	-1,08...5,69	56,43
ADG ₃ , г	8,86±0,22	3,07	0,83...17,64	34,68
ADG ₄ , г	4,29±0,14	1,85	-0,71...16,57	43,07

Примечание: BW, г – живая масса; f, % – коэффициент упитанности; B_r, % – коэффициент широкоспинности; ADG, г – среднесуточный прирост; 1-4 – номер измерения (бонитировки)

Полученные значения статистических параметров всей выборки сибирского осетра в целом характеризуют положительные темпы роста и развития особей, содержащиеся в установке замкнутого водообмена. Уровень абсолютного прироста живой массы в начальный период характеризовался невысокими значениями, как показали результаты первой и второй бонитировок: в среднем, на 107,44 грамма с первой до второго этапа измерений. Третья бонитировка демонстрирует существенно более значительный прирост массы в 467,8 грамма, что может быть связано с завершением процесса адаптации рыб к новым условиям содержания (переход рыбы от садкового хозяйства в УЗВ) и оптимизации кормления. Однако в последующем периоде между третьей и четвертой бонитировкой отмечается снижение абсолютного прироста до 337,9 грамма, что может быть связано с переходом на другие корма.

Уровень коэффициента упитанности значительно увеличился. В среднем, значения первой и второй бонитировок составили 0,30, в то время как для третьей и четвертой бонитировок этот показатель возрос в среднем до 0,61. Коэффициент широкоспинности демонстрирует незначительную динамику ($\Delta B_r = -0,002...+0,006\%$), что видится позитивным моментом, свидетельствующим об отсутствии диспропорционального развития на популяционном уровне. Схожая динамика также наблюдается при анализе значений среднесуточного прироста, при этом общий уровень этого показателя увеличивается с 1,87 до 2,11 грамм в сутки для первой и второй бонитировок, но снижается с 8,86 до 4,29 для третьей и четвертой бонитировок.

Для определения взаимосвязанности признаков между собой и уровней генетического разнообразия, были рассчитаны генетические и фенотипические корреляции, а также коэффициенты наследуемости. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Фенотипические и генетические корреляции изучаемых признаков за все периоды измерений

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.3.2>

Признак	BW	ADG	f	B _r
BW	0,178	0,701***	0,052*	0,310***
ADG	0,255***	0,065	0,234***	0,309***
f	-0,231	0,336***	0,168	0,509***
B _r	-0,275	0,268***	0,552***	0,330

Примечание: над диагональю – фенотипические коэффициенты корреляции признаков, ниже диагонали – генетические, на диагонали – коэффициенты наследуемости; * – значение коэффициента достоверно при $p \leq 0,05$, ** – значение коэффициента достоверно при $p \leq 0,01$, *** – значение коэффициента достоверно при $p \leq 0,001$

Полученные BLUP-оценки сибирского осетра представляют собой вклад эффекта «товарный объект аквакультуры» в рамках математической модели, описывающей фенотипическое значение признака.

Ввиду того, что особи содержатся в условиях УЗВ, и, как следствие, влияние условий среды варьирует в одинаковой степени для каждого измерения, вклад эффекта особи («товарный объект аквакультуры»), в отсутствие данных о происхождении и родстве, как предполагается, в дальнейшем будет увеличиваться при добавлении новых записей датированных измерений.

Характеристика полученных оценок представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Оценки племенной ценности сибирского осетра ленской популяции УЗВ ФИЦ ВИЖ на основании разного числа измерений

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.3.3>

Параметр	Признак			
	BW	f, %	Bг, %	ADG, г
Результаты первой итерации оценок				
Минимум	-97,94	-0,02	-0,820	-1,61
Максимум	+78,82	+0,03	+0,670	+1,33
Стандартное отклонение	27,21	0,01	0,240	0,43
Результаты второй итерации оценок				
Минимум	-170,94	-0,43	-1,890	-2,95
Максимум	+206,08	+0,58	+2,190	+2,81
Стандартное отклонение	67,65	0,17	0,620	0,88
Результаты третьей итерации оценок				
Минимум	-84,15	-0,05	-0,009	-0,54
Максимум	+109,93	+0,28	+0,018	+0,75
Стандартное отклонение	23,52	0,02	0,003	0,13

Наблюдаемая динамика оценок племенной ценности демонстрирует повышение значений в сравнении первой и второй итераций оценок, и снижение – в сравнении второй и последней.

Учитывая, что оценка племенной ценности, в контексте математического моделирования, является, в сущности, составной частью фенотипа особи, имеет смысл рассмотреть отношение ее предельных значений к уровню развития признака в популяции (таблица 4).

Таблица 4 - Размах значений племенной ценности относительно среднего фенотипического значения в выборке в соответствующий временной период

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.3.4>

Параметр	Признак			
	BW	f	Bг	ADG
Оценка по результатам одного измерения				
Минимум, %	-20,85	-6,90	-773,58	-86,10
Максимум, %	16,78	10,34	632,08	71,12
Оценка по результатам двух измерений				
Минимум, %	-29,32	-143,33	-1817,31	-139,81
Максимум, %	35,34	193,33	2105,77	133,18
Оценка по результатам четырёх измерений				
Минимум, %	-6,06	-8,93	-8,26	-12,59
Максимум, %	7,92	50,00	16,51	17,48

Примечание: жирным выделены значения относительного размаха оценок, превосходившие 100% от фенотипа

При рассмотрении размаха значений оценок по отношению к среднему наблюдаемому значению каждого соответствующего признака, особенно заметно, что у ряда признаков наибольшее и наименьшее значения оценок

существенно превышают среднее значение фенотипа. В первую итерацию оценки это характеризует коэффициент широкоспинности (-773,58...632,08%), а также схожую тенденцию демонстрирует среднесуточный прирост (-86,10...71,12%), во вторую – коэффициент упитанности (-143,33...193,33%), коэффициент широкоспинности (-1817,31...2105,77%) и среднесуточный прирост (-139,81...133,18%). Однако, при учёте результатов четырёх бонитировок, избыточных значений оценок не наблюдается.

В контексте используемой методологии не учитывалось происхождение особей и, как следствие, генетическое сходство между ними. Методология также не учитывала ювенильную стадию развития особей, на которой различия между ними могут быть весьма существенны [11]. Из этого можно сделать вывод, что изменчивость признака, вызванная наследственными особенностями каждого индивида, превосходила, в рамках расчётов, изменчивость, индуцированную условиями содержания на начальных этапах роста и развития. Из-за этого дифференциация воздействия наследственных факторов и условий содержания на основе данных, имевшихся в рамках первых двух итераций оценок, была невозможна. Однако, добавление информации по индивидуальной изменчивости за ещё два периода измерений расширило набор данных в достаточной степени, чтобы стало возможным разделить генетическую и паратипическую изменчивость.

Исходя из этого, интерес представляет предварительный отбор особей и сходимость его результатов по результатам проведенных раундов оценки. Как наиболее экономически значимый признак, в качестве критерия отбора был выбран среднесуточный прирост живой массы. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Племенная ценность десяти особей сибирского осетра ленской популяции, лучших по оценке среднесуточного прироста живой массы за разное количество наблюдений

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2024.48.3.5>

Отбор по результатам оценки по данным первого измерения		Отбор по результатам оценки по данным первых двух измерений		Отбор по результатам оценки по данным всех измерений	
Идентификатор	Ранг по фенотипу	Идентификатор	Ранг по фенотипу	Идентификатор	Ранг по фенотипу
28457*	16*	28047**	2**	28447	6
28456	152	28140*	23*	28047**	2**
28572	27	28053	169	28122	5
28140*	23	28544	63	28924	1
28600	11	28224	176	28902	4
28047**	2**	28563*	154*	29065	3
28563*	154	28108*	36*	28106	53
28108*	36*	28565	226	28579**	13**
28579**	13*	28060	17	28917	19
28052	166	28457*	16*	28736	8

Примечание: * – особи, попавшие в список 10 лучших по результатам оценки по первому и первым двум наблюдениям; ** – особи, попавшие в список 10 лучших по результатам первой и последней итераций оценки; жирным выделены идентификаторы и ранг по фенотипу особей, попавших в списки 10 лучших по результатам всех итераций оценки

В ходе изучения особей сибирского осетра, отобранных на основе результатов второй итерации оценки, половина списка (5 особей) совпала со списком, сформированным на основе результатов первой итерации, однако, ни одна особь не сохранила свою позицию. По результатам третьей итерации оценок лишь 2 особи из предыдущих бонитировок остались среди 10 наиболее перспективных рыб. Исходя из этого, а также учитывая спорную релевантность результатов оценок, полученных в первых двух итерациях (рассмотренных в табл. 5), можно констатировать, что оценка осетровых рыб, находящихся в активной фазе роста и развития, по собственной продуктивности хоть и возможна по формальным признакам, но видится осложнённой необходимостью сбора данных на протяжении длительного временного промежутка.

Заключение

Оценка племенной ценности по результатам ранних бонитировочных исследований сибирского осетра ленской популяции выявила спорную релевантность получаемых результатов. Это заключение было сделано на основании отношения размаха значений полученных оценок к среднему уровню признака по популяции: в первую итерацию это характеризовало коэффициент широкоспинности (-773,58...632,08%), во вторую – коэффициент упитанности (-143,33...193,33%), коэффициент широкоспинности (-1817,31...2105,77%) и среднесуточный прирост (-139,81...133,18%). Однако, при учёте результатов четырёх бонитировок, избыточных значений оценок не наблюдалось. Это может быть объяснено как с позиции методологии – накоплением необходимого объема данных для получения

релевантных значений, так и с производственно-технологической точки зрения – малым возрастом особей и адаптационным периодом после приёма на УЗВ, маскировавшими компоненты изменчивости упомянутых признаков.

Таким образом, для получения оценок племенной ценности на основе ранних наблюдений за молодыми животными, основываясь только на информации о самих животных, необходим большой набор данных. Формирование подобного массива данных осложнено большим количеством затрачиваемого времени, связанного в том числе с длительностью периода роста у изучаемого вида животных.

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования рыб были соблюдены.

Финансирование

Исследования проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, регистрационный номер темы Государственного задания № FGGN-2022-0007

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, registration number of the topic of the State task No. FGGN-2022-0007

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Майоров Д. А. Сибирский осетр (*Acipenser baerii*) ленской популяции: краткая история введения в аквакультуру и мероприятия по обновлению генофонда / Д. А. Майоров, В. Е. Хрисанфов // Рыбное хозяйство. — 2016. — № 6. — С. 86–88.
2. Басонов О. А. Бонитировочная оценка осетровых в промышленных условиях выращивания / О. А. Басонов, А. В. Судакова // Достижения и перспективы реализации национальных проектов развития АПК: Сборник научных трудов по итогам VIII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти заслуженного деятеля науки РФ и КБР, профессора Б.Х. Жерукова, Нальчик, 19–21 ноября 2020 года. — Нальчик: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова", 2020. — С. 135–139.
3. Малютин В. С. К истории рыбоводного освоения сибирского осетра *Acipenser baerii* реки Лена для целей акклиматизации и товарного выращивания / В. С. Малютин, Г. И. Рубан // Вопросы ихтиологии. — 2009. — Т. 49. — № 3. — С. 389–395.
4. Фенотипические показатели сибирского осетра, разводимого в условиях замкнутого водоснабжения». Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024620556 Российская Федерация / Н. А. Зиновьева, А. К. Никипелова, В. И. Никипелов [и др.] — 2024.
5. Никипелов В. И. Применение методологии расчета оценок племенной ценности сибирского осетра ленской популяции, выращиваемого в условиях установки замкнутого водоснабжения / В. И. Никипелов, А. К. Никипелова, А. А. Белоус // Достижения науки и техники АПК. — 2023. — Т. 37. — № 9. — С. 102–107. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_9_102
6. Boerner V. More animals than markers: a study into the application of the single step T-BLUP model in large-scale multi-trait Australian Angus beef cattle genetic evaluation / V. Boerner, D. J. Johnston // Genetics Selection Evolution. — 2019. — Vol. 51. — № 1. — P. 57. DOI: 10.1186/s12711-019-0499-x
7. Mehrban H. Comparison of conventional BLUP and single-step genomic BLUP evaluations for yearling weight and carcass traits in Hanwoo beef cattle using single trait and multi-trait models / H. Mehrban, D. H. Lee, M. Naserkheil [et al.] // PLOS One. — Vol. 14. — № 10. — P. 133. DOI: 10.1371/journal.pone.0223352
8. Henderson C. R. Best Linear Unbiased Prediction of Nonadditive Genetic Merits in Noninbred Populations / C. R. Henderson // Journal of Animal Science. — 1985. — Vol. 60. — № 1. — P. 111–117. DOI: 10.2527/jas1985.601111x
9. Schaeffer L. R. Estimation of Variance Components Under a Selection Model / L. R. Schaeffer // Journal of Dairy Science. — 1987. — Vol. 70. — Iss. 3. — P. 661–671. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(87)80056-5
10. Niero G. Genetic and Non-Genetic Variation of Milk Total Antioxidant Activity Predicted from Mid-Infrared Spectra in Holstein Cows / G. Niero, A. Costa, M. Franzoi [et al.] // Animals (Basel). — 2020. — № 10(12). DOI: 10.3390/ani10122372
11. Лазоренко Д. С. Особенности выращивания сибирского осетра в ООО "Уральская форель" / Д. С. Лазоренко // Мир Инноваций. — 2017. — № 1. — С. 133–137.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Mayorov D. A. Sibirskij osetr (*Acipenser baerii*) lenskoj populjaccii: kratkaja istorija vvedenija v akvakul'turu i meroprijatija po obnovleniju genofonda [Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) of the Lena population: a brief history of introduction to aquaculture and measures to update the gene pool] / D. A. Mayorov, V. E. Khrisanfov // Rybnoe hozjajstvo [Fisheries]. — 2016. — № 6. — P. 86–88. [in Russian]

2. Basonov O. A. Bonitirovachnaja ocenka osetrovyh v industrial'nyh usloviyah vyrashhivaniya [Bonitirovachnaya assessment of sturgeon in industrial growing conditions] / O. A. Basonov, A.V. Sudakova // Dostizhenija i perspektivy realizacii nacional'nyh proektov razvitija APK [Achievements and prospects for the implementation of national agricultural development projects] : A collection of scientific papers on the results of the VIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation and the CBD, Professor B.H. Zherukov, Nalchik, November 19-21, 2020. — Nalchik : Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov", 2020. — P. 135–139. [in Russian]
3. Malyutina V. C. K istorii rybovodnogo osvoenija sibirskogo osetra *Acipenser baerii* reki Lena dlja celej akklimatizacii i tovarnogo vyrashhivaniya [On the history of fish farming of the Siberian sturgeon *Acipenser baerii* of the Lena River for the purposes of acclimatization and commercial cultivation] / B. C. Malyutin, G. I. Ruban // Voprosy ihtologii [Questions of ichthyology]. — 2009. — Vol. 49. — № 3. — P. 389–395. [in Russian]
4. Fenotipicheskie pokazateli sibirskogo osetra, razvodimogo v usloviyah zamknutogo vodosnabzheniya». Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 2024620556 Rossijskaya Federacija [Phenotypic indicators of Siberian sturgeon bred in conditions of closed water supply". Certificate of state registration of the database № 2024620556 Russian Federation] / N. A. Zinovieva, A. K. Nikipelova, V. I. Nikipelov [et al.]. — 2024. [in Russian]
5. Nikipelov V. I. Primenenie metodologii rascheta ocenok plemennoj cennosti sibirskogo osetra lenskoj populjacii, vyrashhivaemogo v usloviyah ustanovki zamknutogo vodosnabzhenija [Application of the methodology for calculating estimates of the breeding value of Siberian sturgeon of the Lena population grown under conditions of installation of a closed water supply] / V. I. Nikipelov, A. K. Nikipelova, A. A. Belous // Dostizhenija nauki i tehniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. — 2023. — Vol. 37. — № 9. — P. 102–107. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_9_102 [in Russian]
6. Boerner V. More animals than markers: a study into the application of the single step T-BLUP model in large-scale multi-trait Australian Angus beef cattle genetic evaluation / V. Boerner, D. J. Johnston // Genetics Selection Evolution. — 2019. — Vol. 51. — № 1. — P. 57. DOI: 10.1186/s12711-019-0499-x
7. Mehrban H. Comparison of conventional BLUP and single-step genomic BLUP evaluations for yearling weight and carcass traits in Hanwoo beef cattle using single trait and multi-trait models / H. Mehrban, D. H. Lee, M. Naserkheil [et al.] // PLOS One. — Vol. 14. — № 10. — P. 133. DOI: 10.1371/journal.pone.0223352
8. Henderson C. R. Best Linear Unbiased Prediction of Nonadditive Genetic Merits in Noninbred Populations / C. R. Henderson // Journal of Animal Science. — 1985. — Vol. 60. — № 1. — P. 111–117. DOI: 10.2527/jas1985.601111x
9. Schaeffer L. R. Estimation of Variance Components Under a Selection Model / L. R. Schaeffer // Journal of Dairy Science. — 1987. — Vol. 70. — Iss. 3. — P. 661–671. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(87)80056-5
10. Niero G. Genetic and Non-Genetic Variation of Milk Total Antioxidant Activity Predicted from Mid-Infrared Spectra in Holstein Cows / G. Niero, A. Costa, M. Franzoi [et al.] // Animals (Basel). — 2020. — № 10(12). DOI: 10.3390/ani10122372
11. Lazarenko D. S. Osobennosti vyrashchivaniya sibirskogo osetra v OOO "Ural'skaya forel'" [Features of growing Siberian sturgeon in "Ural Trout" LLC] / D. S. Lazarenko // Mir Innovacij [The World of Innovation]. — 2017. — № 1. — P. 133–137. [in Russian]