

Сравнительный анализ оценок племенной ценности карпов (*Cyprinus carpio*) пород Чувашский чешуйчатый и Анишский зеркальный

Научная статья
УДК 639.311

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-4-98-104>
EDN: NZWUWM

Илюшина Полина Сергеевна – специалист, ORCID: 0000-0002-3376-7086; SPIN: 8711-4982,
Россия, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского
E-mail: ilyushina1119@mail.ru

Отраднов Петр Ильич – младший научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-1153-5815
SPIN-код: 7533-6029, Россия, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского
E-mail: deriteronard@gmail.com

Мамонова Анастасия Сергеевна – старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-8836-4612
SPIN-код: 8675-8269, Россия, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского
E-mail: matonova84@gmail.com

Белоус Анна Александровна – кандидат биологических наук, директор,
ORCID: 0000-0001-7533-4281, Россия, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского
E-mail: abelous.vij@yandex.ru

ВНИИР – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста

Адрес: Россия, 142460, Московская область, Ногинский район, пос. им. Воровского, ул. Сергеева, д.24

Аннотация. В статье приведены результаты анализа вычисленных генетических и фенотипических корреляций между промысловой длиной и живой массой Чувашской чешуйчатой и Анишской зеркальной породы карпа. Проведен анализ племенной ценности по живой массе и промысловой длине обеих пород. Установлено, что между длиной и массой генетическая связь была сильнее у Анишской зеркальной породы – 0.83 и 0.74 – у Чувашской, что может говорить о лучшем селекционном потенциале первой породы. Однако следует отметить, что фенотипическая корреляция у обеих пород имела отрицательное близкое значение (-0.70 и -0.72), что подтверждает сильное влияние внешних факторов, нивелирующих генетическую предрасположенность. Приведенный анализ выявил значительную вариабельность племенной ценности у Анишского зеркального карпа. Наиболее высокую продуктивность по наибольшим значениям EBV имели две особи – 0.73 ± 0.12 и 0.50 ± 0.12 , средний потенциал имели несколько особей с диапазоном $0.08-0.12$ и большую часть составляли низкопродуктивные особи ($EBV < 0.08 \pm 0.12$). По промысловой длине выявлены две отличающиеся особи с $EBV 2.98 \pm 0.81$ и 1.73 ± 0.81 см. Капры Чувашской чешуйчатой породы демонстрировали более скромные показатели (максимальные EBV по живой массе составил 0.25 ± 0.12 , а по промысловой длине – 1.98 ± 0.81). По промысловой длине Чувашский чешуйчатый карп показывает хороший потенциал и может составлять ценный племенной материал при чистопородном разведении.

Ключевые слова: оценка племенной ценности, карп (*Cyprinus carpio*), зеркальная порода, Чувашская чешуйчатая порода, корреляция

Для цитирования: Илюшина П.С., Отраднов П.И., Мамонова А.С., Белоус А.А.

Сравнительный анализ оценок племенной ценности карпов (*Cyprinus carpio*) пород

Чувашский чешуйчатый и Анишский зеркальный // Рыбное хозяйство. 2025. № 4. С. 98-104.

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-4-98-104>

COMPARATIVE ANALYSIS OF ESTIMATES OF THE BREEDING VALUE OF CARP (*CYPRINUS CARPIO*) OF THE CHUVASH SCALY AND ANISH SPECULAR BREEDS

Polina S. Ilyushina – specialist, ORCID: 0000-0002-3376-7086; SPIN: 8711-4982, Noginsky district, village of Vorovsky, Moscow Region, Russia

Pyotr I. Otradnov – Junior Researcher, ORCID: 0000-0002-1153-5815 SPIN code: 7533-6029, Russia, Moscow region, Noginsky district, Vorovsky settlement

Anastasia S. Mamonova – Senior Researcher, ORCID: 0000-0002-8836-4612 SPIN code: 8675-8269, Noginsky district, village of Vorovsky, Moscow Region, Russia

Anna A. Belous – Candidate of Biological Sciences, Director, ORCID: 0000-0001-7533-4281, Noginsky district, village of Vorovsky, Moscow Region, Russia

VNIIR – a branch of the L.K. Ernst FGBNU FITZ VISION

Address: Russia, 142460, Moscow region, Noginsky district, village named after Vorovsky, Sergeeva St., 24

Annotation. The article presents the results of an analysis of the calculated genetic and phenotypic correlations between the commercial length and live weight of the Chuvash scaly and Anish mirror carp breeds. The analysis of breeding value by live weight and commercial length of both breeds is carried out. It was found that the genetic relationship between length and weight was stronger in the Anishka mirror breed – 0.83 and 0.74 in the Chuvash, which may indicate the best breeding potential of the first breed. However, it should be noted that the phenotypic correlation in both breeds had a negative close value (-0.70 and -0.72), which confirms the strong influence of external factors that offset the genetic predisposition. The above analysis revealed a significant variability in the breeding value of the Anish mirror carp. According to the highest EBV values, two individuals had the highest productivity – 0.73 ± 0.12 and 0.50 ± 0.12 , several individuals with

a range of 0.08-0.12 had the average potential, and the majority were low-yielding individuals ($EBV < 0.08 \pm 0.12$). According to the fishing length, two different individuals with $EBV 2.98 \pm 0.81$ and 1.73 ± 0.81 cm were identified. The capras of the Chuvash scaly breed showed more modest indicators (the maximum EBV in live weight was 0.25 ± 0.12 , and in commercial length 1.98 ± 0.81). In commercial length, the Chuvash scaly carp shows good potential and can be valuable breeding material for purebred breeding.

Keywords: assessment of breeding value, carp (*Cyprinus carpio*), mirror breed, Chuvash scaly breed, correlation

For citation: Ilyushina P.S., Otradnov P.I., Mamonova A.S., Belous A.A. (2025). Comparative analysis of estimates of the breeding value of carp (*Cyprinus carpio*) of the Chuvash scaly and Anish specular breeds. No. 4. Pp. 98-104. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-4-98-104>

Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author

ВВЕДЕНИЕ

Аквакультура – динамично развивающаяся отрасль сельского хозяйства, играющая ключевую роль в обеспечении населения высококачественными белковыми продуктами. В условиях роста мирового спроса на рыбу и сокращения природных рыбных ресурсов особое значение приобретает совершенствование методов селекции и племенного разведения в рыбоводстве [11]. Среди объектов аквакультуры карп (*Cyprinus carpio* L.) занимает ведущее положение, благодаря высокой пластичности, быстрому росту и хорошим вкусовым качествам мяса [1; 10]. В России разводят несколько пород карпа, адаптированных к различным климатическим условиям, в том числе – Чувашского чешуйчатого и Анишского зеркального, представляющих значительный интерес для товарного рыбоводства Центральной части России [2; 9].

Порода Анишский зеркальный карп была создана на базе местных карпов. Селекция проводилась по комплексу признаков (экстерьер, активность ферментов, качество половых продуктов и др.) с использованием стабилизирующего и направленного отбора. Для создания породы Чувашский чешуйчатый служили карпы Поволжья, хорошо адаптированные к резким перепадам температур и дефициту кислорода в период зимовки. Селекция также проводилась по независимым уровням, направленному и стабилизирующему отбору. Обе породы разводились «в себе».

И Анишский зеркальный, и Чувашский чешуйчатый карпы имеют длинное, прогонистое тело. Отличаются высокой продуктивностью, плодовитостью, стрессоустойчивостью, при интенсивных методах выращивания, и выживаемостью. Одним из наиболее ценных свойств этих пород является низкая костистоть товарного мяса.

Оценка племенной ценности – комплекс методов, направленных на выявление наилучших производителей по хозяйственно-полезным признакам для дальнейшего использования в селекции. В сельскохозяйственном животноводстве (крупный рогатый скот, свиньи, птица) она базируется на анализе фенотипических данных, генеалогической информации и геномных технологиях (GWAS, SNP-анализ) [4; 7]. В рыбоводстве методы оценки племенной ценности также включают:

- фенотипический отбор (скорость роста, выживаемость, экстерьерные признаки);
- семейную селекцию (оценка потомства отдельных пар производителей);
- молекулярно-генетические маркеры (QTL-анализ, ассоциативные исследования генов, связанных с продуктивностью);
- BLUP-методы (Best Linear Unbiased Prediction) для прогнозирования селекционной ценности [3; 6].

Применение данных подходов позволяет значительно ускорить генетический прогресс в селекции рыб. Например, в норвежской программе разведения атлантического лосося (*Salmo salar*) использование BLUP-методов позволило увеличить скорость роста на 12-15% за поколение [8]. В селекции карпов подобные методы применяются реже, что связано с особенностями разведения (полицикличность нереста, высокая изменчивость признаков), однако их внедрение может существенно повысить эффективность племенной работы [5].

Несмотря на значительный потенциал Чувашского чешуйчатого и Анишского зеркального карпов, их сравнительная племенная оценка остается малоизученной. Большинство исследований по карпу в России посвящено общепромышловым показателям, тогда как комплексный анализ генетического потенциала вышеуказанных

ных пород, с применением современных селекционных методов, ранее не проводился.

Цель исследования – проведение сравнительного анализа племенной ценности Чувашского чешуйчатого и Анишского зеркального карпов, по результатам бонитировки, для определения дальнейших перспектив их использования в селекционных программах рыбоводных хозяйств Центральной части России.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились во «Всероссийском научно-исследовательском институте интегрированного рыбоводства» – филиале ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста» на карпах двух пород – Анишский зеркальный (селекционное достижение №1836) в количестве 88 особей и Чувашский чешуйчатый (селекционное достижение №1770) в количестве 90 особей четырехлетнего возраста. Расчеты средней живой массы и средней промысловой длины проводились в программе MS Excel. Расчет генетической и фенотипической корреляции, а также тепловая карта проводились в среде разработки RStudio, с применением библиотеки corrplot.

Построение модели оценок племенной ценности проводилось в соответствии с общей методологией BLUP Animal Model:

$$y = Xb + Za + e,$$

где X – матрица плана фиксированных эффектов, Z – рандомизированных, a, b – вектора решений соответствующих эффектов, e – остаток.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Генетическая корреляция, представленная на рисунках 1 и 2, между промысловой длиной и живой массой составляет 0.74 и 0.83, соответственно, что указывает на сильную положительную связь на генетическом уровне. Данный результат означает, что гены, влияющие на увеличение длины тела, также способствуют увеличению живой массы. Селекция по одному из этих признаков (например, промысловой длине) будет приводить к сопутствующему росту другого (живой массы). Фенотипическая корреляция между этими же признаками составляет -0.72 и -0.70, соответственно представленным породам, что свидетельствует о сильной отрицательной связи на уровне фенотипа.

Таблица 1. Оценки племенной ценности по 25 особям карпа Анишской зеркальной породы / **Table 1.** Estimates of breeding value for 25 individuals of the Anish mirror carp

Инд. номер	Живая масса $X \pm x$	Промысловая длина $X \pm x$
20	0.73±0.12	2.98±0.81
26	0.50±0.12	1.73±0.81
38	0.13±0.12	0.58±0.81
14	0.13±0.12	1.33±0.81
8	0.11±0.12	0.12±0.81
24	0.11±0.12	0.62±0.81
21	0.10±0.12	0.58±0.81
5	0.10±0.12	1.58±0.81
6	0.09±0.12	0.41±0.85
1	0.08±0.12	-0.03±0.85
19	0.08±0.12	1.08±0.81
40	0.08±0.12	0.02±0.81
9	0.08±0.12	0.52±0.81
32	0.08±0.12	0.52±0.81
29	0.07±0.12	-0.02±0.81
3	0.06±0.12	0.22±0.85
36	0.06±0.12	-0.33±0.84
33	0.06±0.12	-0.42±0.81
35	0.06±0.12	-0.17±0.81
31	0.05±0.12	0.52±0.81
25	0.05±0.12	-0.22±0.84
15	0.04±0.12	-0.38±0.81
4	0.02±0.12	-0.02±0.81
39	0.01±0.12	0.62±0.81
43	0.01±0.12	-0.08±0.84

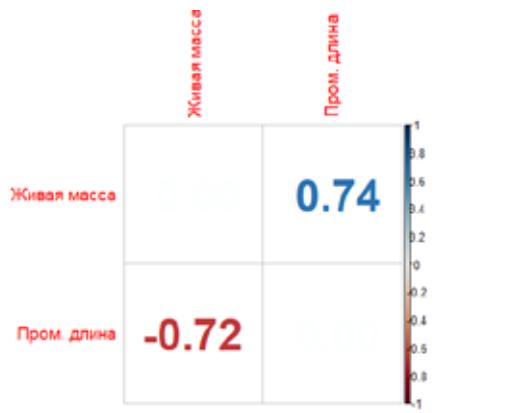


Рисунок 1. Генетическая (над диагональю) и фенотипическая (под диагональю) взаимосвязь признаков у карпа Чувашской чешуйчатой породы

Figure 1. Genetic (above the diagonal) and phenotypic (below the diagonal) relationship of traits in the Chuval scaly carp

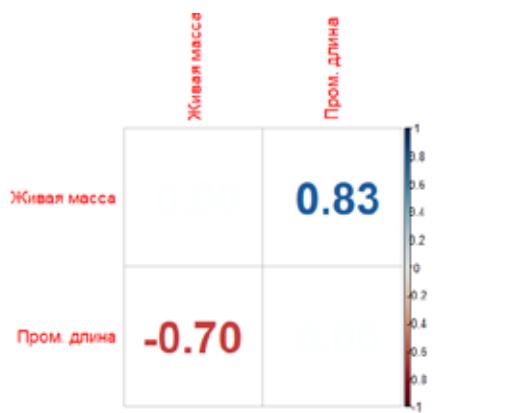


Рисунок 2. Генетическая (над диагональю) и фенотипическая (под диагональю) взаимосвязь признаков у карпа Анишской зеркальной породы

Figure 2. Genetic (above the diagonal) and phenotypic (below the diagonal) interrelation of traits in the Anish mirror breed carp

Это может быть связано с влиянием внешних факторов (условия среды, кормление, стресс), которые приводят к обратной зависимости: например, при увеличении длины рыбы её масса может снижаться (возможно, из-за худощавости, нехватки питания или других факторов).

Генетическая связь между длиной и массой у Анишской зеркальной породы карпа сильнее (0.83 и 0.74), что говорит о более тесной наследственной зависимости этих признаков, что может указывать на лучший потенциал для селекции по массе и длине у Анишской поро-

ды. Фенотипическая корреляция у обеих пород отрицательная и близка по значению (-0.70 и -0.72), что подтверждает сильное влияние внешних факторов, нивелирующих генетическую предрасположенность.

На основании проведенного анализа (табл. 1) племенной ценности по живой массе, у Анишского зеркального карпа можно разделить особей на следующие группы:

1. Высокопродуктивные – наибольшие значения EBV зафиксированы у двух особей: 0.73 ± 0.12 и 0.50 ± 0.12 , что свидетельствует об их значительном генетическом потенциале для увеличения массы потомства. Данные рыбы являются наиболее ценными для дальнейшей селекции и должны быть приоритетно использованы в племенном разведении.
2. Особи со средним потенциалом – Группа с EBV в диапазоне $0.08-0.13$ кг демонстрирует умеренные показатели, что позволяет рассматривать их как резервный племенной материал. Однако их включение в селекционную программу требует дополнительного анализа сопутствующих признаков (выживаемость, устойчивость к заболеваниям).
3. Низкопродуктивные особи – большая часть выборки ($EBV < 0.08 \pm 0.12$) имеет невысокую племенную ценность по живой массе. Использование таких рыб в воспроизводстве нецелесообразно, так как это может замедлить генетический прогресс стада.

По промысловой длине выявлены две выдающиеся особи с $EBV 2.98 \pm 0.81$ и 1.73 ± 0.81 см, демонстрирующие значительно более высокий генетический потенциал по сравнению со средними показателями популяции.

На основании анализа племенной ценности по показателю живой массы у Чувашского чешуйчатого карпа (табл. 2), можно сказать, что максимальное значение EBV составляет 0.25 ± 0.12 кг – это указывает на умеренный генетический потенциал по живой массе в данной популяции. Средние значения EBV колеблются в диапазоне $0.05-0.20$, демонстрируя относительно равномерное распределение признака. В высокопродуктивную группу входит ($EBV 0.18-0.25$) 5 особей (20% выборки), в среднепродуктивную ($EBV 0.07-0.15$) – 10 особей (40% выборки) и в низкопродуктивную группу ($EBV \leq 0.06$) – 10 особей (40% выборки).

По сравнению с Анишским зеркальным карпом (максимальный EBV 0.73) Чувашская популяция демонстрирует более скромные показатели.

По промысловой длине Чувашский чешуйчатый карп демонстрирует хороший потенциал, особенно в группе высокопродуктивных особей (2 особи, $EBV 1.98 \pm 0.81$), которые могут составлять ценный племенной материал при дальней-

Таблица 2. Оценки племенной ценности по 25 особям карпа Чувашской чешуйчатой породы / **Table 2.** Estimates of breeding value for 25 individuals of the Chuvash scaly carp

Инд. номер	Живая масса $X \pm x$	Промысловая длина $X \pm x$
139	0.25±0.12	1.48±0.81
122	0.20±0.12	0.48±0.81
68	0.20±0.12	1.98±0.81
76	0.18±0.12	1.58±0.81
80	0.18±0.12	1.58±0.81
52	0.15±0.12	0.48±0.81
120	0.13±0.12	1.08±0.81
45	0.11±0.12	0.58±0.81
138	0.10±0.12	1.58±0.81
101	0.10±0.12	0.48±0.81
104	0.10±0.12	1.98±0.81
107	0.09±0.12	-0.38±0.81
51	0.09±0.12	0.62±0.81
47	0.08±0.12	0.02±0.81
127	0.07±0.12	0.98±0.81
77	0.07±0.12	0.18±0.84
64	0.06±0.12	0.62±0.81
71	0.06±0.12	0.62±0.81
48	0.05±0.12	1.08±0.81
132	0.05±0.12	1.58±0.81
57	0.05±0.12	0.02±0.81
142	0.05±0.12	0.52±0.81
102	0.05±0.12	0.48±0.81
143	0.04±0.12	0.18±0.84
103	0.04±0.12	-0.38±0.81

шем чистопородном разведении и формировании племенного ядра по данной породе.

ВЫВОД

Поскольку генетическая связь положительная, отбор по длине или массе будет эффективен для улучшения обоих признаков в долгосрочной перспективе. Однако необходимо оптимизировать условия выращивания, чтобы фенотипическая реализация генетического потенциала была более полной (например, улучшить кормление, снизить стресс-факторы) и желательно провести дополнительный анализ (например, оценку влияния среды) для уточнения причин отрицательной фенотипической корреляции.

Таким образом, несмотря на противоречивые фенотипические данные, генетический анализ подтверждает возможность совместного улучшения промысловой длины и живой массы у карпа Чувашской чешуйчатой породы. Анишская порода может быть более перспективной для селекции, поскольку генетическая корреляция у неё выше, а значит – отбор по одному признаку будет эффективнее влиять на другой.

Проведенный анализ выявил значительную вариабельность племенной ценности

у Анишского зеркального карпа по основным продуктивным признакам. Оптимальная селекционная стратегия должна основываться на комплексной оценке и использовании лучших производителей по обоим показателям, что позволит обеспечить устойчивый генетический прогресс в стаде и повышение продуктивных качеств рыбы.

Перспективы развития тематики заключаются в возможности углубленного изучения генетических механизмов формирования морфометрических признаков у двух пород карпа, анализе аллометрических закономерностей роста, а также позволит разработать оптимальные индексы отбора особей. Данное исследование позволило не только оценить селекционный потенциал изучаемых пород карпа, но и в дальнейшем разработать научно обоснованные рекомендации по их использованию в рыбоводстве России с применением современных методов геномной селекции.

Исследования проведены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, регистрационный номер темы Государственного задания № FGGN-2025-0005.

The research was conducted with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation. The registration number of the State Assignment topic is FGGN-2025-0005.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: П.С. Илюшина – подготовка статьи, анализ данных, корректировка текста; П.И. Отраднов – систематизация и анализ данных; А.С. Мамонова – сбор и анализ данных; А.А. Белоус – идея статьи, корректировка текста, окончательная проверка статьи.

The authors declare that there is no conflict of interest. Authors' contributions: P.S. Ilyushina – article preparation, data analysis, text editing; P.I. Otradnov – data systematization and analysis; A.S. Mamanova – data collection and analysis; A.A. Belous – article concept, text editing, final article review.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. Федоров Е.В. Экономическая эффективность выращивания сеголеток карпа и растительноядных рыб в прудовом хозяйстве Алматинской области Казахстана// Вестник АГТУ. Сер: Рыбное хозяйство. 2017. № 3. С. 80-58. <https://doi.org/10.24143/2073-5529-2017-3-80-88>
2. Маслова Н.И. Генетические маркеры в селекции карпа // Генетика. 2019. Т. 55. № 5. С. 612-620
3. Gjedrem T. Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: A personal opinion review // Aquaculture. 2012. Vol. 344-349. Pp. 12-22
4. VanRaden P. M. Efficient methods to compute genomic predictions // Journal of Dairy Science. 2008. Vol. 91(11). Pp. 4414-4423. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0980>
5. Vandepitte M., Haffray P. Parentage assignment with genomic markers: A major advance for understanding and exploiting genetic variation of quantitative traits in farmed aquatic animals // Frontiers in Genetics. 2014. Vol. 5. P. 432. <https://doi.org/10.3389/fgene.2014.00432>
6. Nguyen N.H. Genetic improvement for important farmed aquaculture species with a reference to carp, tilapia and prawns in Asia: Achievements, lessons and challenges / Fish and Fisheries. 2016. Vol. 17(2). Pp. 483-506. <https://doi.org/10.1111/faf.12122>
7. Hayes B.J., MacLeod I.M., Daetwyler H.D. [et. al]. (2014). Genomic prediction from whole genome sequence in livestock: The 1000 bull genomes project // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2014. Vol. 111(48). Pp. E5279-E5288
8. Gjoen H.M, Bentsen H.B. (1997). Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture // ICES Journal of Marine Science. Vol. 54(6). Pp. 1009-1014. [https://doi.org/10/1016/S1054-3139\(97\)80005-7](https://doi.org/10/1016/S1054-3139(97)80005-7)
9. Kitaev I.A., Tyulin D.Yu., Brigida A.V., Lippo I.E. (2023). Characteristics of the ichthyofauna reproducing in the middle zone of the Volgograd reservoir from 2017 to 2022. // Veterinary medicine and feeding. No. 2. Pp. 29-32. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-2-7>. EDN AYRHAO. (In Russ.)
10. Lippo I.E., Brigida A.V., Elizarova A.S. [et al.] (2023). Monitoring of hydrochemical parameters of water during algalization of reservoirs // Veterinary medicine and feeding. No. 6. Pp. 31-34. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2023-6-7>. EDN EANSRH. (In Russ.)
11. Lippo I. E., Kitaev I.A., Brigida A.V. (2024). The experience of using the pituitary gland of the clary catfish in the spawning campaign of carp // Bulletin of Omsk State Agrarian University. No. 4(56). Pp. 162-169. EDN ZSXFES. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию/ Received 22.05.2025
Принят к публикации / Accepted for publication 04.07.2025