

#### 4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

doi:10.18286/1816-4501-2025-2-181-187

УДК 639.37

### Селекционно-генетическая оценка радужной форели породы Камлоопс различного происхождения

**Т. А. Пояркова**<sup>✉</sup>, преподаватель, аспирант кафедры «Зоотехния, рыбоводство, агрономии я и землеустройство»

**А. Ю. Волкова**, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой «Зоотехния, рыбоводство, агрономии я и землеустройство»

**И. В. Каменев**, сотрудник НИЦ по аквакультуре ПетрГУ, аспирант кафедры «Зоотехния, рыбоводство, агрономии я и землеустройство»

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

185035, Республика Карелия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д.33

<sup>✉</sup>tan.poyarko@yandex.ru

**Резюме.** Целью исследования было изучить фенотипические, биологические и генотипические особенности двух групп радужной форели породы Камлоопс разного происхождения (Финляндия – Taimen Oy, США - Troutlodge) для определения племенной ценности и использования в селекционно-племенной работе. Впервые проведена селекционно-генетическая оценка особей радужной форели, выращиваемой в садках в Республике Карелия с использованием метода ISSR-маркирования. Изучение фенотипических и биологических показателей двух разных групп радужной форели было проведено в соответствии со стандартными ихтиологическими методиками, в результате были оценены важнейшие селекционные признаки – масса и длина тела рыб, коэффициент упитанности, индексы компактности и высокоспинности. Для изучения структуры генотипов была использована методика полимеразной цепной реакции в присутствии генетического межмикросателлитного маркера (СТС)6G. Генетико-популяционный анализ осуществляли с определением частоты встречаемости аллельных вариантов исследуемого маркера, частоты встречаемости генотипов в популяции и средней гетерозиготности. Исследуемые группы имели оптимальные значения рыбоводно-биологических, морфометрических и морфофизиологических показателей, что свидетельствует о хорошем селекционном потенциале и необходимости использовать их для селекционно-племенной работы. При исследовании генетической структуры популяции радужной форели породы камлоопс обнаружено преобладание фрагмента ДНК от 760 до 900 п.н. в обеих группах. В группе Taimen Oy преобладает участок ДНК от 630 до 766 п.н, а в группе Troutlodge – от 766 до 920 п.н. Около 50 % особей имеют уникальные генотипы, отмечен высокий уровень гетерозиготности (0,710 и 0,850) в обеих популяциях. Результаты работы позволяют сделать вывод о высоком качестве исследованных групп и перспективности применения форели камлоопс финского и американского происхождения в селекционно-племенной работе.

**Ключевые слова:** радужная форель, камлоопс, ДНК-маркеры, генетическая структура, (СТС)6G, селекция, межмикросателлиты.

**Для цитирования:** Пояркова Т. А., Волкова А. Ю., Каменев И. В. Селекционно-генетическая оценка радужной форели породы Камлоопс различного происхождения // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. №2 (70). С. 181-187. doi:10.18286/1816-4501-2025-2-181-187

### Breeding and genetic assessment of rainbow trout of the Kamloops breed of various origins

**T. A. Poyarkova, A. Y. Volkova, I. V. Kamenev**

Petrozavodsk State University

185035, Republic of Karelia, Petrozavodsk, Lenin ave., 33

<sup>✉</sup>tan.poyarko@yandex.ru

**Abstract.** The aim of the study was to study the phenotypic, biological and genotypic features of two groups of rainbow trout of the Kamloops breed of different origin (Finland – Taimen Oy, USA - Troutlodge) to determine breeding value and use in breeding work. For the first time, a breeding and genetic assessment of rainbow trout specimens grown in cages in the Republic of Karelia was carried out using the ISSR labeling method. The study of the phenotypic and biological

parameters of two different groups of rainbow trout was carried out in accordance with standard ichthyological methods, as a result, the most important breeding characteristics were evaluated – fish body weight and length, fatness coefficient, compactness and high-spin indices. To study the structure of genotypes, the polymerase chain reaction technique was used in the presence of the genetic intermicrosatellite marker (CTC)6G. The genetic and population analysis was carried out to determine the frequency of occurrence of allelic variants of the studied marker, the frequency of occurrence of genotypes in the population and the average heterozygosity. The studied groups had optimal values of fish-breeding biological, morphometric and morphophysiological parameters, which indicates a good breeding potential and the need to use them for breeding work. A study of the genetic structure of the rainbow trout population of the Kamloops breed revealed the predominance of a DNA fragment from 760 to 900 bp in both groups. In the Taimen Oy group, a DNA region from 630 to 766 bp prevails, and in the Troutlodge group – from 766 to 920 bp. About 50% of individuals have unique genotypes, and a high level of heterozygosity (0.710 and 0.850) was noted in both populations. The results of the work allow us to conclude about the high quality of the studied groups and the prospects of using kamloops trout of Finnish and American origin in breeding work.

**Keywords:** rainbow trout, kamloops, DNA markers, genetic structure, (CTC)6G, breeding, intermicrosatellites.

**For citation:** Poyarkova T. A., Volkova A. Y., Kamenev I. V. Breeding and genetic assessment of rainbow trout of the Kamloops breed of various origins // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2025;2(70): 181-187 doi:10.18286/1816-4501-2025-2-181-187

#### Введение

Селекционно-племенная работа в аквакультуре является важнейшим фактором увеличения продуктивности культивируемых объектов. Разработаны и успешно применяются методы селекции с карпом и радужной форелью, получены достаточно продуктивные породы рыб отечественного происхождения. Технологии, использованные для создания этих пород, основаны на применении массового отбора, линейной и семейной селекции [1-3]. Однако ведение селекционной работы с использованием лишь классических методик является очень длительным и имеет ряд недостатков. С целью ускорения селекции и получения высокопродуктивных маточных стад форели необходимо применять наряду с классическими методами современные технологии, позволяющие оценивать структуру генотипов исходных для селекции групп рыб, генетическое разнообразие популяций, в том числе с оценкой уровня полиморфности ISSR-маркеров. Это позволит значительно ускорить селекционно-племенную работу и получить высокопродуктивные маточные стада, устойчиво передающие свои ценные показатели продуктивности потомству.

Отмечено, что современные методы мониторинга генетического разнообразия радужной форели имеют важное значение для повышения эффективности и ускорения селекционных процессов в аквакультуре [4]. Применение молекулярно-генетического анализа с использованием ISSR-ПЦР является эффективным и экономически целесообразным методом для изучения генетического разнообразия, выявления уникальных характеристик и разработки "генетического стандарта" породы [5-7]. Этот метод широко используется в современной селекции, позволяя идентифицировать, устанавливать родственные связи и происхождение исследуемых объектов, а также отслеживать генеалогические этапы развития пород (линий) животных. ISSR-маркеры также находят широкое применение в исследованиях генетического разнообразия рыб, включая радужную форель, стерлядь [7], карповых [8]. В России проведены исследования генетического разнообразия популяций с использованием ISSR-

локусов на различных видах осетровых [7]. Однако, в племенной работе с радужной форелью, выращиваемой в России, генетический анализ с использованием ISSR-маркеров пока не применялся.

Целью исследования было изучение фенотипических, биологических и генотипических различий двух групп радужной форели породы Камлоопс разного происхождения для определения племенной ценности и использования в селекционно-племенной работе.

#### Материалы и методы

Материалом для исследования служили 2 группы посадочного материала форели камлоопс финского (Taimen Oy) и американского (Troutlodge) происхождения. Исследуемые группы форели до исследования содержались в садках, установленных в Кондопожской губе Онежского озера. В октябре 2022 г. посадочный материал был привезен и размещен в бассейны НИЦ по аквакультуре ПетрГУ. С целью комплексной оценки исследуемых групп был проведен анализ основных рыбоводно-биологических показателей, таких как выживаемость (% выживших от начального количества), кратность прироста от начальной живой массы и затраты кормов (кормовой коэффициент) за период выращивания, предшествующий исследованию.

Определение морфологических и морфометрических показателей проводили в соответствии с классическими методиками ихтиологических исследований. Для этого в процессе оценки каждой группы у случайно отобранных 10 рыб определяли массу каждой особи, зоологическую длину – **ab** (измеряемая от конца рыла до конца хвостового плавника), длину по Смитту – **ac** (от конца рыла до середины хвостовых лучей), промысловую длину – **ad** (конца рыла до основания средних лучей хвостового плавника). Полученные данные использовали для определения коэффициента упитанности ( $100 \times P/ab$ ) и индексов компактности ( $O/ad, \%$ ) и высокоспинности ( $H/ab, \%$ ). Наряду с морфометрическими показателями определяли морфологические – кардиосоматический (КСИ) и индекс селезенки (И сел.). Также отобранные рыбы были осмотрены перед вскрытием для

ихтиопатологической оценки. Полученные результаты использовались для определения племенной ценности исследованных групп форели [9].

Для генетической оценки от опытных групп были получены образцы мышечной ткани. ДНК выделяли с помощью реагентов фирмы «Синтол» из серии «ДНК-экстран 2». Генотипирование ISSR радужной форели двух популяций осуществлялось с использованием праймера триплекса (СТС)<sub>6</sub>G. В реакционную смесь вносили по 1 мкл праймера и 1,5 мкл ДНК. Амплификацию проводили на оборудовании BIO-RAD Tetrad 2 при условиях, описанных в таблице 1. Ампликоны разделяли по их молекулярным массам с помощью электрофореза в агарозном геле (1 %). Полученные результаты были обработаны с использованием стандартных методов вариационной статистики, программ Excel и GenAlex.

**Таблица 1. Условия амплификации при изучении генотипов форели камлоопс**

Показатель	Значение
Символ локуса	A
Повторяющийся участок	(СТС) <sub>6</sub> G
Начальная денатурация	95 °C, 5 мин.
Циклы	37
Синтез фрагмента	93 °C, 1 мин., 62 °C, 1 мин., 72 °C, 1 мин.
Финальная элонгация	72 °C, 5 мин.

**Таблица 2. Морфологические показатели форели камлоопс**

Показатели	Масса рыбы, г.	ab – длина зоол. см.	ас – длина по Смитту, см.	ad – длина промысловая, см.
Группа 1 – происхождение Taimen Oy, (n = 10)				
X±m	179,2±20,5	24,1±0,9	23,5±0,8	21,8±0,8
Min-Max	64,9-246,5	17,4-27,5	17-27	15,5-25
C <sub>v</sub> , %	36,2	12,5	12,3	12,9
Группа 2 – происхождение Troutlodge, (n = 10)				
X±m	427,3±61,1	31,9±1,1	31,8±1,0	30,1±1,3
Min-Max	143,8-710,5	24,0-35,0	23,0-36,0	21,5-39,0
C <sub>v</sub> , %	45,2	11,9	11,4	16,0

**Таблица 3. Бальная оценка селекционной ценности посадочного материала форели камлоопс**

Оцениваемые показатели	Группа 1. –Taimen Oy		Группа 2 –Troutlodge	
	Значение	Балл	Значение	Балл
Рыбоводно-биологические показатели				
Выживаемость за весь период, %	91,4	4	83,1	2
Прирост массы, раз	11,6	1	10,5	1
Кормовой коэффициент	0,9	3	0,9	3
Морфометрические показатели				
K <sub>уп.</sub> (коэффициент упитанности), %	1,2±0,04	2	1,2±0,07	2
K <sub>об.</sub> – индекс компактности (обхвата), %	59±3,56	3	61±2,67	2
K <sub>в</sub> – индекс высокоспинности, %	31±2,86	2	29±1,57	3
Морфофизиологические показатели				
КСИ – кардиосоматический индекс, %	0,17±0,02	3	0,2±0,02	3
I <sub>сел.</sub> – индекс селезенки, %	0,20±0,06	1	0,2±0,02	1
Ихтиопатологические показатели				
Нарушения покровов тела и плавников	+	0	+	0
Изменения цвета органов	-	1	-	1
Изменения тканей внутренних органов	-	1	-	1
Изменения в мышечной ткани	-	1	-	1
Воспалительные процессы	-	1	-	1
Сумма баллов		22		21

### Результаты

В аквакультуре при отборе рыбы для племенных и селекционных целей особое внимание уделяется рыбоводно-биологическим показателям и фенотипическим особенностям особей, что позволяет оценить стабильность изучаемых популяций. Существующая система стандартных измерений телосложения производителей дает достаточно точное представление о размерах и пропорциях рыб при разведении [10, 11]. Поэтому перед проведением селекционно-генетической оценки были тщательно проанализированы морфологические особенности исследуемых групп рыб (табл.2).

Достаточно информативной оценкой при определении ценности рыб как объектов разведения и селекционной работы является анализ хозяйственно-полезных признаков, включающих рыбоводно-биологические, морфометрические, морфофизиологические и ихтиопатологические показатели. Результаты данного исследования представлены в виде бальной оценки (табл. 3).

Наряду с классическими ихтиологическими методами и бальной оценкой селекционной ценности в исследованных группах форели было проведено генотипирование образцов тканей (рис.1) и изучены диапазоны амплифицированных аллелей, количество и частота встречаемости фрагментов ДНК по каждой особи (табл. 4).

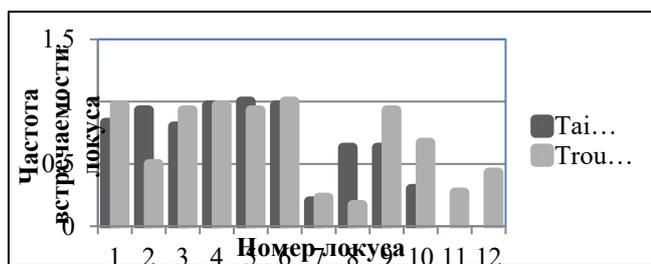


Рис. 1. Показатели встречаемости локусов межмикросателлитных маркеров форели камлоопс финского и американского происхождения

Таблица 4. Результаты генетического исследования особей радужной форели разного происхождения с использованием праймера триплекса (СТС)6G

Показатели	Исследуемые особи									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Группа 1 - Taimen Oy (Финляндия)									
Диапазон длин амплифицированных фрагментов ДНК, п.н.	124-1944	124-1944	124-1944	124-1944	124-1944	124-1944	124-1944	124-1400	124-1944	124-1944
Количество фрагментов ДНК, шт.	9	9	8	7	10	5	8	9	7	8
Частота встречаемости фрагментов ДНК, %	90	90	80	70	100	50	80	90	70	80
Группа 2 - Troutlodge (США)										
Диапазон длин амплифицированных фрагментов ДНК, п.н.	136-2376	136-2376	136-1570	136-1570	136-2376	136-2376	136-2376	136-2376	136-2376	136-1910
Количество фрагментов ДНК, шт.	7	8	8	6	10	9	9	10	11	12
Частота встречаемости фрагментов ДНК, %	58,3	66,6	66,6	50	83,3	75	75	83,3	91,6	100

Из таблицы 4 видно, что особи, имеющие разное происхождение и выведенные в разных географических ареалах, различаются по диапазонам амплифицированных фрагментов и частоте их встречаемости, что согласуется с рядом исследований, проведенных ранее. Например, в некоторых работах описано возникновение адаптаций популяций радужной форели из разных регионов к новым условиям и отмечено, что это ведет к формированию уникальных генетических признаков [11].

#### Обсуждение

Обе исследуемые группы форели проявили довольно высокую вариабельность показателей. Значительный разброс значений живой массы был обусловлен наличием выпадающих значений. Так, максимальная масса тела рыб в 1 группе составила 246,5 г, минимальная 64,9 г, вариабельность данного признака - 36,2 %; у форели во 2 группе изменчивость массы была еще более выражена - размах значений составил 143,8...710,5 г при среднем - 427 г, коэффициент вариабельности - 45,2 %. Изменчивость прочих морфологических показателей была менее выражена. В 1 группе показатели длины имели коэффициент вариабельности в пределах 12...13 %, во 2 группе - около 12 % за исключением показателя промысловой длины ( $C_v = 16$  %).

В целом можно отметить характерную для объектов аквакультуры тенденцию к снижению изменчивости длины и увеличению вариабельности по массе тела рыб. Данные, полученные в результате изучения морфологических особенностей, находятся в пределах нормальных значений и согласуются с исследованиями других авторов [12,13], что подтверждает возможность использования этих групп для разведения и племенной работы.

Важнейшими признаками для отбора рыб в маточное стадо, а также при племенной работе с форелью являются морфологические и морфометрические показатели, которые часто обусловлены не только влиянием среды, но и являются генетически наследуемыми, в связи с чем они дают представление о селекционной ценности рыб [2, 14, 15, 16]. При суммировании баллов по данным признакам, а также по морфофизиологическим и ихтиопатологическим показателям было отмечено значительное сходство исследуемых групп форели камлоопс. Рыбоводно-биологические показатели, значения которых очень часто зависят не только от биологии или генетики объекта изучения, но и от условий выращивания, имели высокие значения. Суммарная оценка форели из 1 группы составила 22 балла, из 2 группы - 21 балл, что в соответствии с методикой характеризует исследуемых рыб как высокопродуктивных,

рекомендуемых для отбора в маточное стадо и дальнейшей селекционной работы.

В результате генотипирования особей радужной форели было обнаружено амплифицированных 10...12 фрагментов межмикросателлитной ДНК, масса которых у форели финского происхождения варьировала от 124 до 1944 п.н., а американского происхождения – от 136 до 2376 п.н.

Размеры ампликонов и их частоты по ISSR-маркерам показывают генетический профиль радужной форели в исследуемых группах. Общее количество ампликонов на локус (NTB) варьировало от 10 (финская группа) до 12 (американская группа). Также в результате генетической оценки отмечено, что у каждой особи 1 группы имеется от 5 до 10 фрагментов межмикросателлитной ДНК, среднее их количество составило 7,3. У особей 2 группы имеется от 7 до 10 фрагментов, среднее количество – 8. В популяции радужной форели финского происхождения чаще других встречаются 6 фрагментов ДНК – первый, второй, третий, четвертый, пятый и шестой. У особей группы Troutlodge чаще других встречаются 6 фрагментов ДНК – первый, третий, четвертый, пятый, шестой и девятый. У всех особей радужной форели Taimen Oy встречается межмикросателлитный участок ДНК длиной 760 п.н. (локус 5), у особей второй популяции в 100 % случаев встречается участок с длиной около 900 п.н. (локус 6).

В исследованных выборках форели имеются различия по частоте встречаемости локусов. Так, у особей форели финского происхождения, в сравнении с американскими особями, чаще встречается локус 2 на 43 %, локус 5 на 7 % и локус 8 на 46 %. У форели американского происхождения, в сравнении с особями финского происхождения, чаще встречаются 7 локусов: 1 локус на 14 %, локус 3 на 7 %, локус 6 на 3 %, локус 9 на 30 %, локус 10 на 37 %, локусы 11 и 12 имеются только у форели американского происхождения. Локус 4 у обеих популяций встречается с одинаковой частотой 1, локус 7 лишь на 0,03 % встречается чаще у форели американского происхождения, чем у финской форели.

Полученные значения частот генотипов двух популяций радужной форели свидетельствуют о достаточно высоком сходстве паттернов у отдельных особей, а, следовательно, и сайтов локализации микросателлитных последовательностей в геноме. Наиболее распространенными генотипами радужной форели финской популяции, являются те, которые имеют в своем составе локусы 1, 2, 3, 4, 5 и 6. Одинаковые генотипы в выборке форели этой группы имеют 15 особей. Около 50% особей исследованной выборки имеют уникальные генотипы. В популяции американского происхождения чаще встречаются особи с генотипом, включающим локусы 1, 3, 4, 5, 6 и 9. Одинаковые генотипы в выборке форели американского происхождения имеют также 15 особей, и также около 50 % особей имеют уникальные генотипы. Уровень средней

гетерозиготности межмикросателлитной ДНК особей финской (0,71) и американской (0,85) групп свидетельствует о том, что в данных популяциях радужной форели имеется значительное гетерозиготное разнообразие. Это, вероятно, связано с особенностями производства посадочного материала в результате межлинейного скрещивания и высоким уровнем гетерозиса в исследуемых группах. Для племенной работы это имеет важное значение и дает возможности для поддержания высокой продуктивности у потомства. Данные о высокой частоте уникальных генотипов (50 % в обеих популяциях) дополняют информацию о биологических особенностях породы камлоопс: более высокой эффективности использования корма, большего валового прироста, более высокой прибыли при выращивании (на 82,3% выше по сравнению с обычной радужной форелью, не входящей в породную группу) [17, 18].

Анализ количества и частоты встречаемости фрагментов ДНК по каждой исследуемой особи показал, что форель американского происхождения имела больше (12) фрагментов, чем форель финского происхождения. Также и масса ампликонов показала, что у форели Troutlodge самые тяжелые фрагменты имели 2376 п.н., когда как у форели Taimen Oy только 1944 п.н.

В ходе исследования также была протестирована эффективность выбранного ISSR-праймера, который состоял из тринуклеотидного микросателлитного мотива с одним якорным нуклеотидом на 3-конце. В результате этой работы установлена специфичность аллельного профиля, определяемого данным ISSR- маркером, что является следствием особенностей генотипов радужной форели, выращиваемой в аквакультуре Республики Карелия, и характеризует данные популяции как перспективные для селекции.

Знание этих изученных особенностей генетической структуры радужной форели поможет в дальнейшем отслеживать происхождение особей, облегчит поиск генов, отвечающих за резистентность организма и продуктивные качества особей, что имеет важнейшее значение в племенной работе. Результаты изученных генетических профилей исследуемых популяций форели по специфическим ампликонам позволят дифференцировать различные группы форели по нуклеотидной последовательности праймера и использовать эти данные для отбора.

#### **Заключение**

В результате сравнительной оценки двух популяций форели камлоопс разного происхождения были определены важнейшие продукционные показатели рыб, а также изучена структура их генотипов. Представители исследуемых групп имели оптимальные рыбоводные показатели, в частности, нормальную выживаемость – более 83%, хорошую скорость роста (10-11- кратный прирост за сезон) и низкие затраты кормов на прирост массы (кормовой коэффициент – 0,9), оптимальные морфометрические

показатели – коэффициент упитанности - 1,2%, индекс компактности на уровне 59...61 % и хорошее состояние здоровья. Эти данные свидетельствуют о высоком селекционном потенциале и позволяют использовать данные группы рыб для селекционно-племенной работы.

Определена информативность ISSR-праймеров для изучения генофонда радужной форели и мониторинга его состояния. Получен генетический профиль радужной форели по ISSR-маркерам. При исследовании генетической структуры популяции радужной форели породы камлоопс обнаружено преобладание фрагмента ДНК от 760 до 900 п.н. в обеих популяциях. В группе рыб *Taimen Oy* преобладает

участок ДНК от 630 до 766 п.н, а в группе *Troutlodge* - от 766 до 920 п.н. Около 50% особей в изученных группах имели уникальные генотипы, уровень гетерозиготности был высоким (0,710 и 0,850) в обеих популяциях.

Показатели продуктивности рыб, подкрепленные результатами генетических исследований, могут послужить в дальнейшем поиску связей генов, отвечающих за продуктивные признаки особей радужной форели. Формирование базы данных селекционно-генетических признаков радужной форели позволит наиболее качественно и эффективно производить селекцию и создавать продуктивные стада с целью их дальнейшего разведения.

#### Литература

1. Новое селекционное достижение - форель Ропшинская золотая / В. Я. Никандров, И. И. Шиндавина, В. М. Голод и др. // Рыбное хозяйство. 2019. № 4. С. 83-88.
2. Щербаков Ю. С., Тыщенко В. И. Анализ главных компонентов и сравнительная характеристика самок радужной форели трех разных пород // Вестник КрасГАУ. 2021. № 8(173). С. 113-118. doi: 10.36718/1819-4036-2021-8-113-118
3. Встречаемость аномалий у форели ропшинская золотистая / Ю. С. Щербаков, Н. В. Дементьева, В. П. Терлецкий и др. // Вестник КрасГАУ. 2020. – № 11(164). С. 145-151. doi: 10.36718/1819-4036-2020-11-145-151
4. Изучение полиморфизма ISSR-маркеров у щиповок рода *Cobitis (Cobitidae)* в связи с проблемами дифференциации видов, участвовавших в образовании полиплоидных форм гибридного происхождения, и определения их таксономического статуса / А. А. Волков, С. М. Расторгуев, Е. Д. Васильева и др. // Вопросы ихтиологии. 2023. Т. 63, № 3. С. 339-351.
5. Блохин И. Г., Головина Я. Е., Косовский Г. Ю., Глазко В. И. Дифференциация трех пород борзых с использованием ISSR-PCR маркеров // МНИЖ. 2023. №1 (127). С. 1-5. doi:10.23670/IRJ.2023.127.139
6. Метод ISSR-маркирования в исследовании генетического разнообразия сортов льна / Т. А. Базанов, И. В. Ущуповский, Н. Н. Логинова и др. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. №. 24 (5). С. 767-776. doi:10.30766/2072-9081.2023.24.5.767-776
7. Полиморфизм ДНК, генетическая оригинальность и идентификация популяций и ремонтно-маточных стад стерляди (*Acipenser ruthenus*) / Л. В. Комарова, А. Р. Пелеева, Н. В. Костицына и др. // Вестник ПГУ. Биология. 2021. №1. С. 53–60. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-1-53-60
8. Генетическая изменчивость исходного стада внутри породного типа породы сарбоянский карп (*Cyprinus carpio* L.) на основе фрагмента гена цитохром оксидаза I митохондриальной ДНК / И. В. Моружи, Е. А. Елисева, Н. Н. и др. // Рыбное хозяйство. 2023. №. 5. С. 35-43.
9. Патент № 2812488 С1 Российская Федерация, МПК А01К 61/00. Способ оценки продуктивности и племенной ценности посадочного материала радужной форели : № 2023107412 : заявл. 27.03.2023 : опубл. 30.01.2024 / А. Ю. Волкова, З. А. Стеценко
10. Количественная зависимость признаков самок радужной форели от массы рыбы / И. М. Донник, Ю. И. Есавкин, В. А. Власов, и др. // Аграрный вестник Урала. 2014. №12 (130). С. 26-31.
11. Золотаренко А. Д., Шитова, М. В. Транскриптомные исследования лососевых рыб рода *Oncorhynchus* // Генетика. 2022. № 58. (7). С. 737-753.
12. Есавкин Ю. И., Грикшас С. А., Золотова А. В. Экстерьерно-морфологические профили потомства разных форм форели и их продуктивность // Аграрная наука. 2017. №2. С. 23-25.
13. Молчанова К. А., Хрусталев Е. И. Определение морфометрических показателей радужной форели, выращиваемой в разнотипных рыбоводных хозяйствах // Известия КГТУ. 2017. № 44. С. 38-45.
14. Таразевич Е. В. Технологические аспекты формирования ремонтно-маточных стад форели, адаптированных к условиям Беларуси / Е. В. Таразевич. – Минск : БГАТУ. 2022 – 192 с.
15. Никипелов В. И. Сравнительный анализ оценок племенной ценности сибирского осетра ленской популяции по результатам многократных измерений / В. И. Никипелов, П. И. Отрадных, А. К. Никипелова и др. // Journal of Agriculture and Environment. 2024. № 8(48). doi: 10.60797/JAE.2024.48.3. EDN DIJWXX.
16. Emiri G. S. Comparative assessment of fish-biological and morphophysiological characteristics of two forms of trout reared under the conditions of aquaculture in Azerbaijan / G. S. Amiri1, Ch. A. Mammadov // Advances in Biology & Earth Sciences. 2023. No. 2. Vol. 8. P. 196–203.

17. Crouse C. C., Davidson J. W., Good C. M. Kenney P.B., Leeds T.D., Cleveland B.M. Growth and fillet quality attributes of five genetic strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in a partial water reuse system and harvested at different sizes. *Aquaculture Research*, 2018. Vol. 49(4). P.1672-1681 doi: 10.1111/are.13623
18. Knap P., Kause A. Phenotyping for genetic improvement of feed efficiency in fish: lessons from pig breeding. *10.3389/fgene.2018.00184*

## References

1. A new breeding achievement - golden trout Ropshinskaya / V. Ya. Nikandrov, I. I. Shindavina, V. M. Golod et al. // *Fisheries*. 2019. No. 4. pp. 83-88.
2. Shcherbakov Yu.S., V Tyschenko. I. Analysis of the main components and comparative characteristics of female rainbow trout of three different breeds // *Bulletin of KrasGAU*. 2021. No. 8(173). P. 113-118. doi: 10.36718/1819-4036-2021-8-113-118
3. Occurrence of anomalies in golden trout ropshinskaya / Yu. S. Shcherbakov, N. V. Dementieva, V. P. Terletsky et al. // *Bulletin of KrasGAU*. 2020. – № 11(164). P. 145-151. doi: 10.36718/1819-4036-2020-11-145-151
4. Study of the polymorphism of the obtained issr markers in pluckers of the genus *Cobitis* (Oz) in connection with the problems of differentiation of species involved in the formation of polyploid forms of hybrid origin and determination of their taxonomic status / A. A. Volkov, S. M. Rastorguev, E. D. Vasilyeva et al. // *Questions of ichthyology*. 2023. Vol. 63, No. 3. P. 339-351.
5. And Blokhin. G., Golovina. E., Kosovsky. Yu., Glazko. I. Differentiation of three breeds of greyhounds using issr-PCR markers // *MNIZH*. 2023. No. 1 (127). P. 1-5. doi ID:10.23670/IRJ.2023.127.139
6. The method of HACCP labeling as a result of the genetic decomposition of graphene / T. A. Bazanov, I. V. Ugapovsky, N. N. Loginova et al. // *Science of Europe-Northeast*. 2023. No. 24 (5). p. 767-776. doi:10.30766/2072-9081.2023.24.5.767-776
7. DNA polymorphism, genetic originality of populations and identification and repair-breeding herds of sterlet (sturgeon *Acipenser ruthenus*) / L. V. Komarova, A. R. Peleeva, N. V. Kostitsyna et al. // *Bulletin of PSU. Biology*. 2021. No. 1. P. 53-60. doi: 10.17072/1994-9952-2021-1-53-60
8. The genetic variability of the appearance of the internal carp carp (*Cyprinus carpio* L.) based on the genetic-cogrome oxidase AND mitochondrial MEMBER / I. V. Moruzi, E. A. Eliseeva, N. N. et al. // *Fisheries*. 2023. No. 5. P. 35-43.
9. Patent No. 2812488 C1 Russian Federation, IPC A01K 61/00. A method for assessing the productivity and breeding value of rainbow trout planting material : No. 2023107412 : application No. 27.03.2023 : published on 30.01.2024 / A. Y. Volkova, Z. A. Stetsenko
10. Quantitative dependence of the characteristics of female rainbow trout on the weight of fish / I. M. Donnik, Yu. I. Esavkin, V. A. Vlasov, et al. // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014. No. 12 (130). P. 26-31.
11. Zolot-Tarenko A.D., Kitova M. V. Transcription studies of the salmon genus *Oncorhynchus* // *Genetics*. 2022. No. 58. (7). P. 737-753.
12. Yesavkin Yu. I., Grikshas S. A., Zolotova A.V. External morphological profiles of offspring of different forms of trout and their productivity // *Agrarian Science*. 2017. No. 2. P. 23-25.
13. Molchanova K. A., Khrustalev E. I. Determination of morphometric parameters of rainbow trout grown in fish farms of various types // *Izvestiya KSTU*. 2017. No. 44. P. 38-45.
14. Tarazevich E. V. Technological aspects of the formation of repair and breeding trout herds adapted to the conditions of Belarus / E. V. Tarazevich. – Minsk : BGATU. 2022 – 192 p.
15. Nikipelov V. I., P. I. Otradnov, A. K. Nikipelova, and others // *Journal of Agriculture and the Environment*. 2024. No. 8(48). doi: 10.60797/JE.2024.48.3. EDN DIJXX.
16. Emiri G. S. Comparative assessment of fish biological and morphophysiological characteristics of two forms of trout grown in aquaculture conditions in Azerbaijan / G. S. Amiri1, Ch. A. Mammadov // *Successes of biology and Earth sciences*. 2023. No. 2. Vol. 8. P. 196-203.
17. Kraus K. S., Davidson J. W., Goode K. M., Kenny P.B., Leeds T.D., Cleveland B.M. Growth and fillet quality indicators of five genetic strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) grown in a partial water reuse system and obtained in different sizes. *Aquaculture Research*, 2018. Vol. 49(4). P.1672-1681 doi: 10.1111/are.13623
18. Knap P., Kauz A. Phenotyping for the genetic improvement of fish feed efficiency: lessons from pig breeding. *10.3389/fgene.2018.00184*