



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
(Минобрнауки России)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ЖИВОТНОВОДСТВА –
ВИЖ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Л.К. ЭРНСТА»
(ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста)



**Методологические аспекты, разработка и внедрение
программного средства визуализации цифровых спектров мяса
сельскохозяйственных животных и объектов товарной
аквакультуры**

Белоус Анна Александровна

кандидат биологических наук,

Директор ВНИИР – филиала ФГБНУ ФИЦ ВИЖ,

Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники для молодых
ученых,

Лауреат премии академии РАН для молодых ученых,

Председатель Совета молодых ученых Московской области (СМУС МО)

e-mail: abelous.vij@ya.ru



[Указ Президента РФ от 28.02.2024 № 145](#)
[Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 года № 120](#)

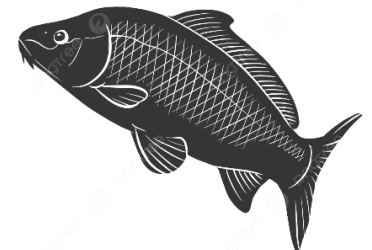
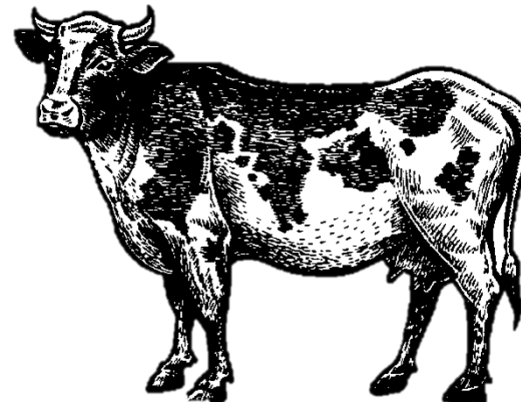
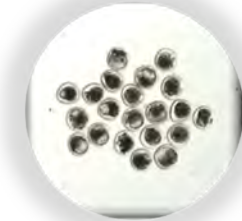
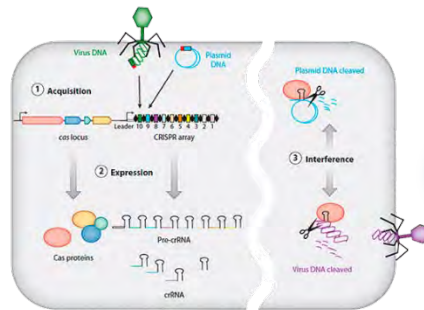
Стратегия научно-технологического развития РФ в области сельского хозяйства на период до 2030 г.

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации

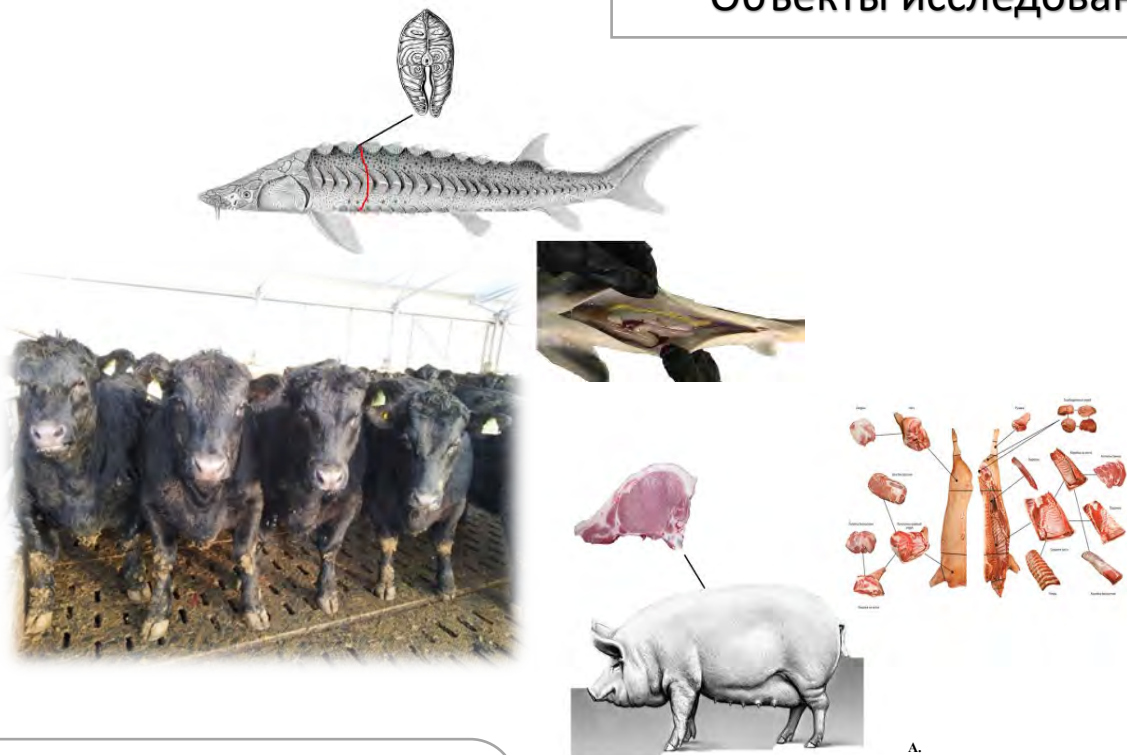


Разработка и внедрение новых генетических технологий для повышения конкурентоспособности отечественной племенной продукции

Стратегической целью продовольственной безопасности является обеспечение населения страны безопасной сельскохозяйственной продукцией, рыбной и иной продукцией из водных биоресурсов и продовольствием. Гарантией ее достижения является стабильность внутреннего производства, а также наличие необходимых резервов и запасов.



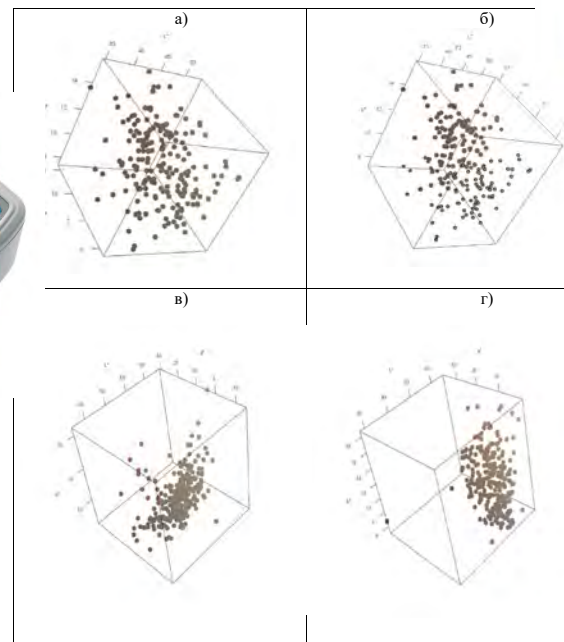
Объекты исследования



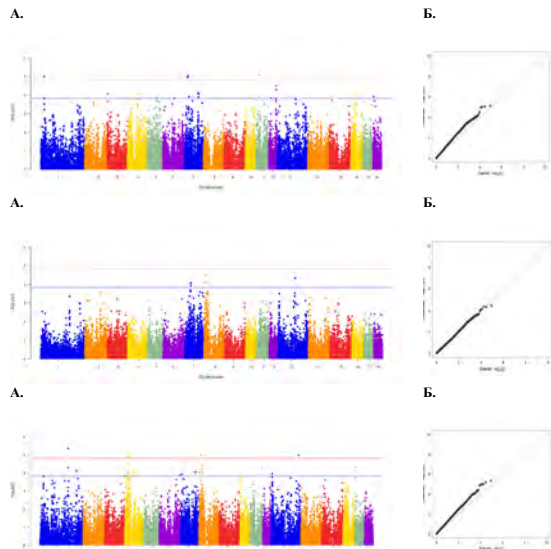
Применение и потребители

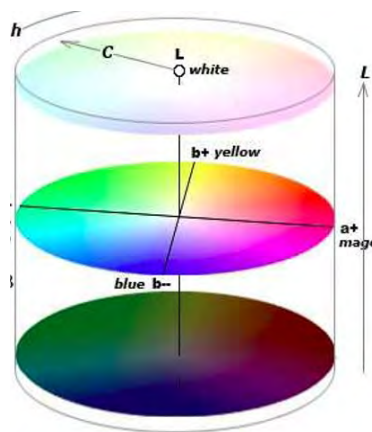


Разработка ПО для визуализации цветных спектров мяса и филе



Поиск геномных ассоциаций и идентификация генов

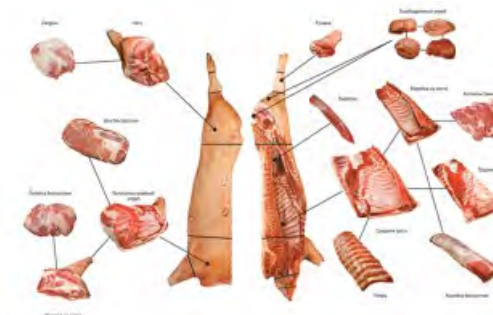




L^* - устанавливает координаты света (100) и тени (0)

a^* - спектр от зеленого (-128) до пурпурного (127)

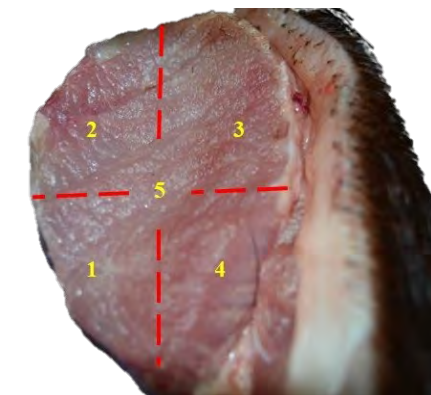
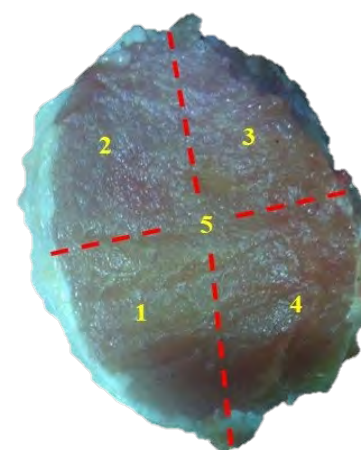
b^* - спектр от голубого (-128) до желтого (127)



Взятие образца для измерения цвета мяса у свиней

Пять наиболее приближенных к эталонным значениям образцов в изучаемых популяциях свиней

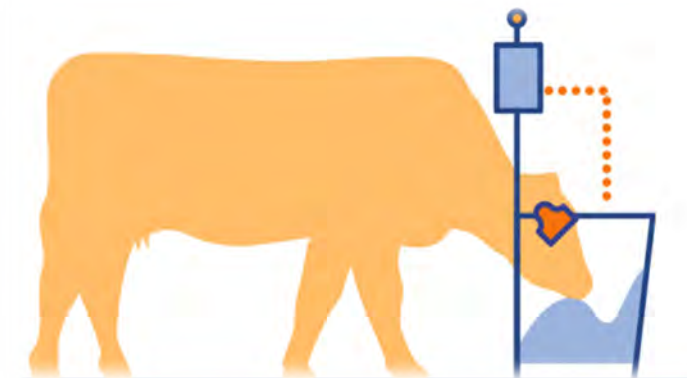
Материал исследования	L^*	a^*	b^*
<i>Помесные свиньи (n=200)</i>			
1	42,12	7,31	12,26
2	42,10	7,64	13,72
3	42,16	9,02	13,70
4	42,10	9,10	13,40
5	42,34	5,77	11,18
Min...Max	42,10...42,34	5,77...7,64	11,18...13,72
Эталон*	42,10	7,54	11,50
<i>Хрячки породы дюрок (n=100)</i>			
1	40,87	4,59	10,15
2	40,70	3,78	9,43
3	41,02	3,19	8,59
4	40,97	2,16	8,76
5	40,92	2,67	8,90
Min...Max	40,70...41,02	2,16...4,59	8,59...10,15
Эталон	40,90	4,53	11,71

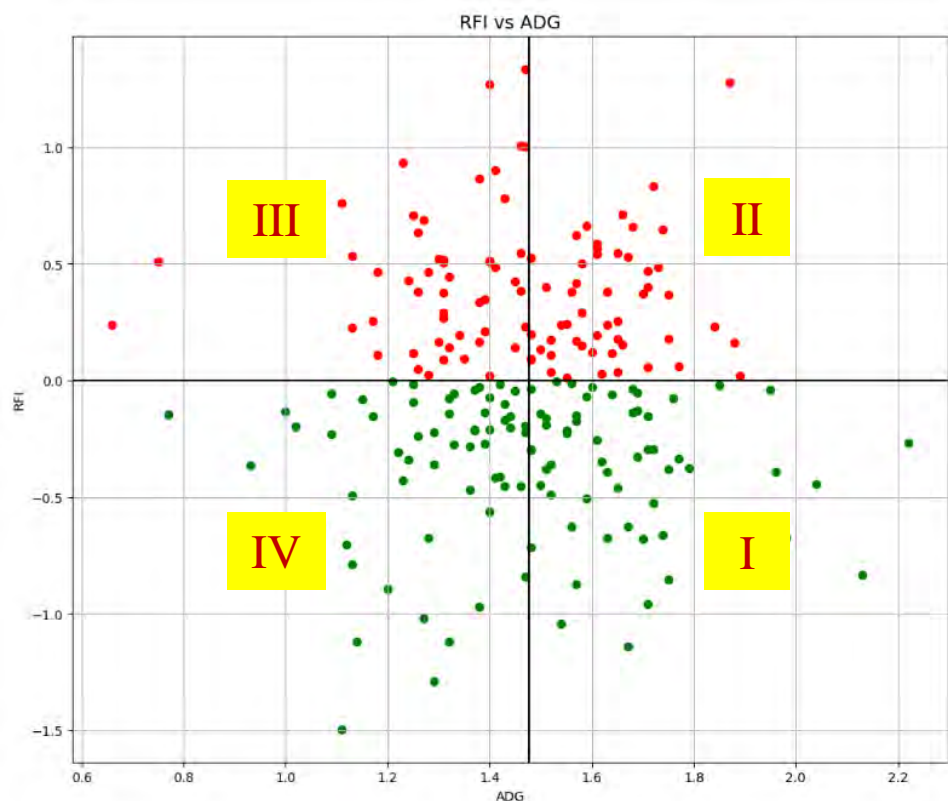


Точки измерения цветового спектра свинины: а) у помесных свиней; б) у хрячков породы дюрок.

А.А. Белоус., П.И. Отрадно., А.А. Решетникова, Т.В. Карпушкина, Н.А. Зиновьева. Спектральные значения цветовых характеристик мяса чистопородных и помесных свиней// Свиноводство. №8, 2023. – в печати

- ✓ ПЛЕМЕННОЕ СТАДО КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА АБЕРДИН-АНГУССКОЙ ПОРОДЫ (ООО «Брянская мясная компания», Брянская область)
- ✓ **176** гол. с оценкой физико-химического состава мяса и жира;
- ✓ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ: PLINK 1.90;
- ✓ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ: AMOVA, регрессионный анализ, GWAS;
- ✓ ОЦЕНКА ФЕНОТИПА: мясная продуктивность, химический состав мышечной и жировой ткани, эффективность использования корма (RFI), цветовая характеристика мяса;
- ✓ измерение температуры и pH мышечных тканей проведена с помощью прибора Testo 205 («Testo SE & Co. KGaA», Германия);
- ✓ измерение цветовых характеристик мяса с помощью спектрофотометра CM-700d («Konica Minolta», Япония);





Распределение животных, прошедших оценку на кормовых станциях, на 4 группы по соотношению показателей RFI и среднесуточного прироста (ADG=1495 грамм)

$$RFI = DMI(obs) - DMI(exp) = DMI(obs) - (-2,2632 + 1,010ADG + 0,113MWT)$$

Группа	Визуальное отображение цвета	Описание цвета	Характеристика в цветовой модели CIELAB		
			L	a	b
1		Светло-красный	42±2,0	41±3,0	34±1,5
2		Ярко-красный	39±1,5	39±2,0	29±2,0
3		Красный	35±1,5	37±2,0	27±1,0
4		Темно-красный	30±1,5	35±2,0	25±2,0
5		Бордоско-красный	24±2,5	31±2,0	23±1,0

Группы по цвету мышечной ткани крупного рогатого скота (цит. по И.В. Козырев, 2020)

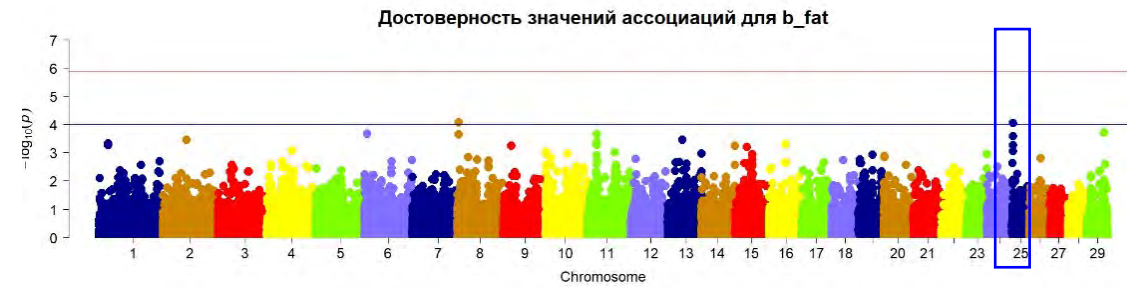
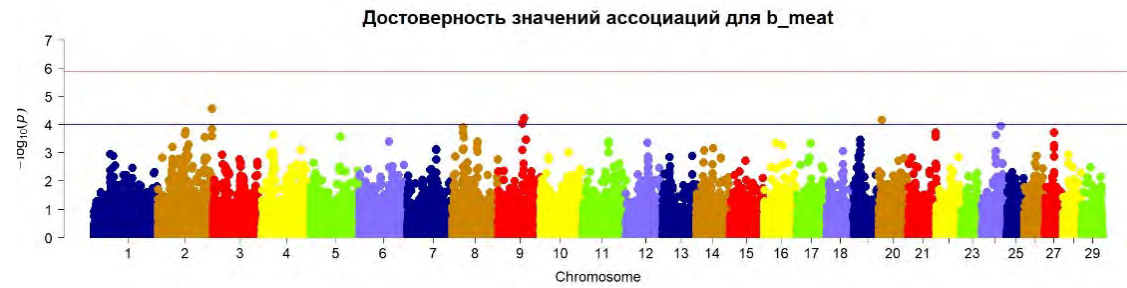
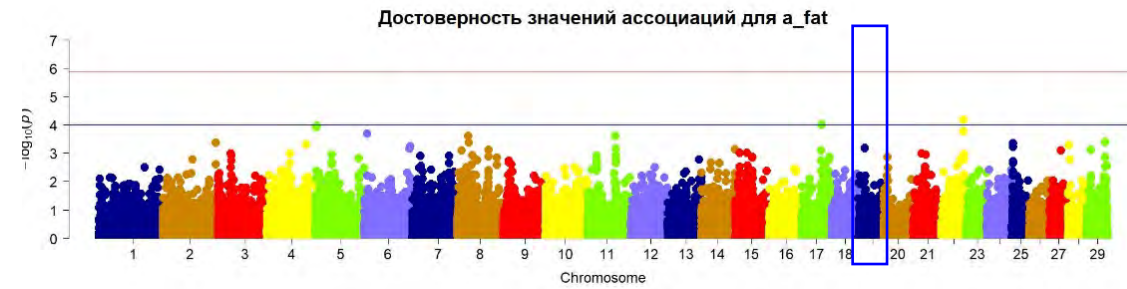
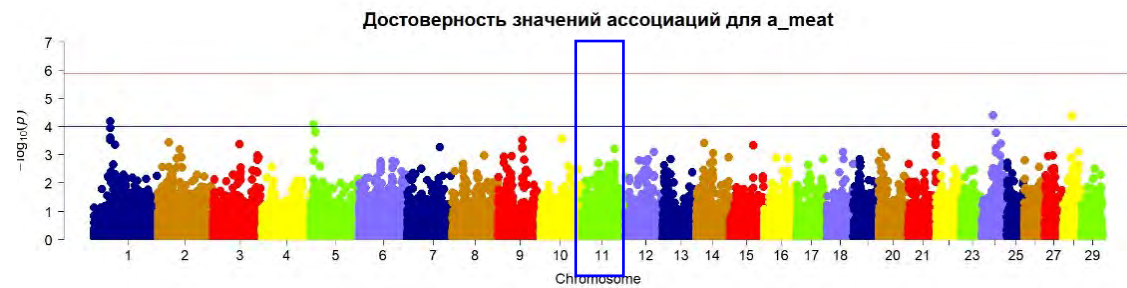
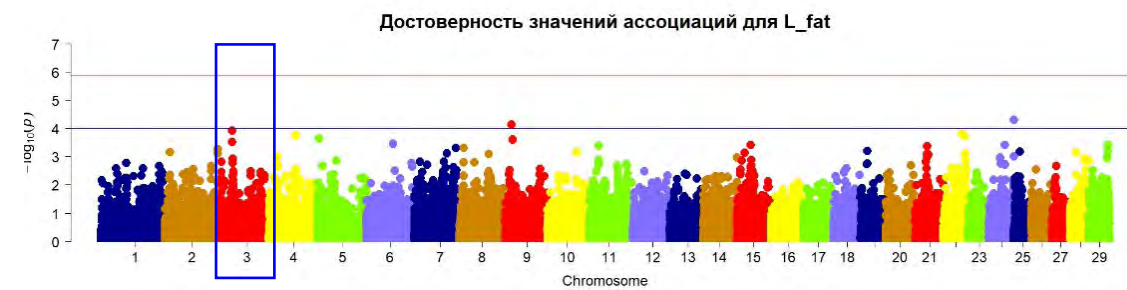
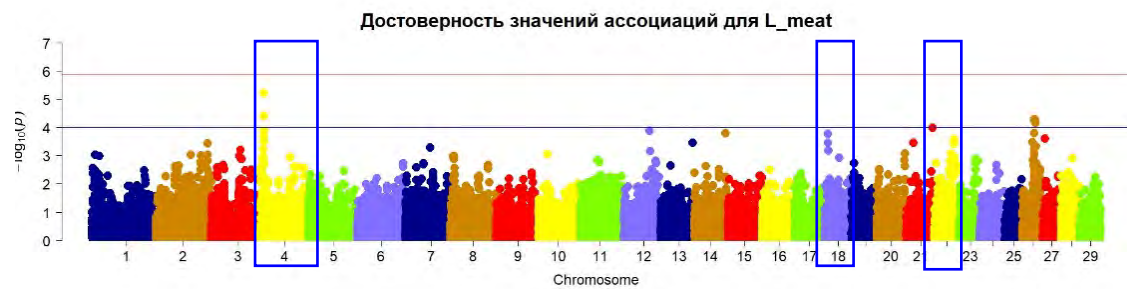
Группа	Визуальное отображение цвета	Описание цвета	Характеристика в цветовой модели CIELAB		
			L	a	b
1		Белый	98±2	3±2	9±3
2		Желтовато-белый	94±2	4±1	13±6
3		Светло-желтый	91±1,5	4±1	23±8
4		Желтый	87±3	5±1	37±9

Группы по цвету жировой ткани крупного рогатого скота (цит. по И.В. Козырев, 2020)

Зависимость фенотипических показателей цветových характеристик мяса бычков абердин-ангусской породы в группах в зависимости от соотношения признаков RFI и ADG

Показатель	Группа признаков RFI / ADG			
	I	II	III	IV
Количество образцов, ед.	45	45	37	43
Цветовая шкала мяса L*	41,63±0,45	41,59±0,49	42,19±0,46	42,31±0,56
Цветовая шкала мяса a*	15,99±0,31	16,04±0,43	16,35±0,42	16,11±0,42
Цветовая шкала мяса b*	14,30±0,26	14,14±0,29	14,46±0,29	14,63±0,35
Цветовая шкала жира L*	65,19±0,67	67,84±0,67 ^{a)**}	67,00±0,66	67,55±0,96 ^{c)*}
Цветовая шкала жира a*	7,35±0,44 ^{a)*}	5,98±0,38	7,35±0,46 ^{d)**}	6,38±0,51
Цветовая шкала жира b*	17,42±0,32 ^{a)*}	16,30±0,38	17,73±0,45 ^{d)**}	16,60±0,43

Примечание: *, **, *** различия между группами (^{a)} – I и II, ^{b)} – I и III, ^{c)} – I и IV, ^{d)} – II и III, ^{e)} – II и IV, ^{f)} – III и IV) при сравнении средних показателей статистически значимых, соответственно, при $p < 0,05$, $p < 0,01$ и $p < 0,001$.



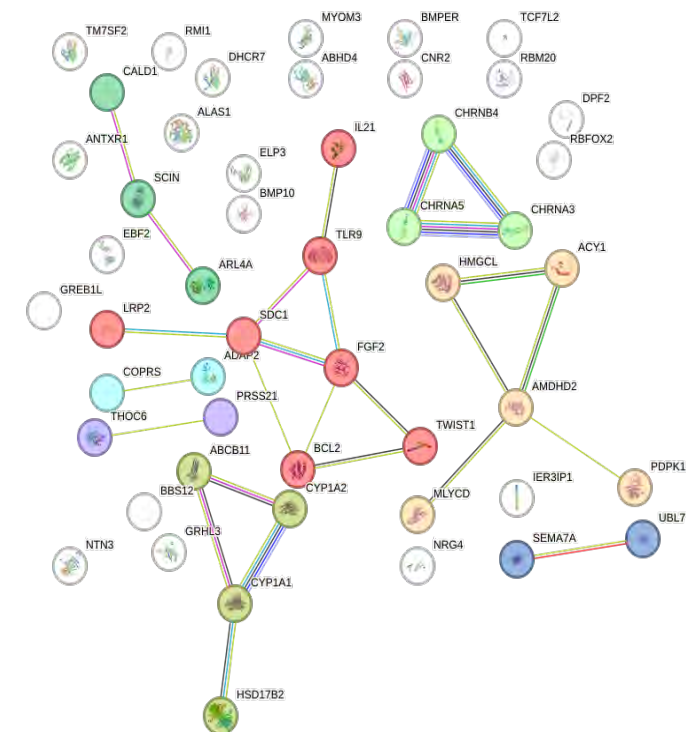
**GWAS для показателей цвета мышечной
ткани бычков после убоя и созревания мяса**

**GWAS для показателей цвета жировой ткани
бычков после убоя и созревания мяса**

Функциональная аннотация генов-кандидатов по цветовым характеристикам мяса и жира в программе DAVID

Ген	Функциональная аннотация
LRP2	развитие аорты
ABCB11	метаболический процесс жирных кислот, метаболический процесс желчных кислот, транспорт желчных кислот, регуляция бета-окисления жирных кислот, гомеостаз холестерина
GRHL3	развитие центральной нервной системы, развитие эпидермиса
CNR2	регуляция метаболического процесса
MYOM3	сокращение мышц
HMGCL	катаболический процесс лейцина, процесс обмена липидов, митохондриальная организация, процесс биосинтеза кетоновых тел
SCIN	развитие центральной нервной системы
ARL4A	дифференцировка бурых жировых клеток
TWIST1	регуляция минерализации костей, положительная регуляция бета-окисления жирных кислот
BMPER	развитие кровеносных сосудов, развитие зачатков мочеточника
CALD1	мышечное сокращение
RBFOX2	развитие нервной системы
ELP3	развитие центральной нервной системы
EBF2	дифференцировка бурых жировых клеток, развитие жировой ткани
RM1	рост многоклеточного организма, гомеостаз глюкозы
ABHD4	процесс катаболизма липидов, липидный гомеостаз
ANTXR1	развитие кровеносных сосудов, репродуктивный процесс
BMP10	развитие почек, развитие сердца
SDC1	развитие поперечнополосатых мышечных клеток
FGF2	морфогенез органов животных, развитие легких, развитие органов животных, положительная регуляция пролиферации клеток сердечной мышцы, дифференцировка эпителиальных клеток молочной железы
BBS12	кормовое поведение
IL21	иммунный ответ
HSD17B2	внутриутробное эмбриональное развитие, развитие плаценты
MLYCD	процесс биосинтеза жирных кислот
ADAP2	развитие сердца
COPRS	развитие мышечных органов
CHRN4	сокращение гладких мышц, регуляция сокращения гладких мышц
CHRNA3	развитие нервной системы
CHRNA5	процесс нервной системы
NRG4	развитие нервной системы
CYP1A1	метаболический процесс длинноцепочечных жирных кислот
CYP1A2	развитие легких
UBL7	врожденный иммунный ответ
SEMA7A	развитие нервной системы
CRIP2	связывание ионов металлов
TLR9	врожденный иммунный ответ
ALAS1	процесс биосинтеза гемоглобина, развитие эритроцитов, реакция на желчную кислоту
ACY1	клеточный процесс метаболизма аминокислот
GREB1L	развитие почек, развитие сердечного желудочка
IER3IP1	развитие мозга
BCL2	процесс почечной системы
AMDHD2	метаболический процесс углеводов
NTN3	сокращение мышц
PDPK1	развитие клеток поджелудочной железы типа В
PRSS21	сперматогенез
THOC6	развитие центральной нервной системы
RBM20	развитие сердца
TCF7L2	развитие кровеносных сосудов
TM7SF2	процесс биосинтеза холестерина
DPF2	развитие нервной системы
DHCR7	процесс биосинтеза холестерина

Сеть взаимодействия между функционально выявленными генами

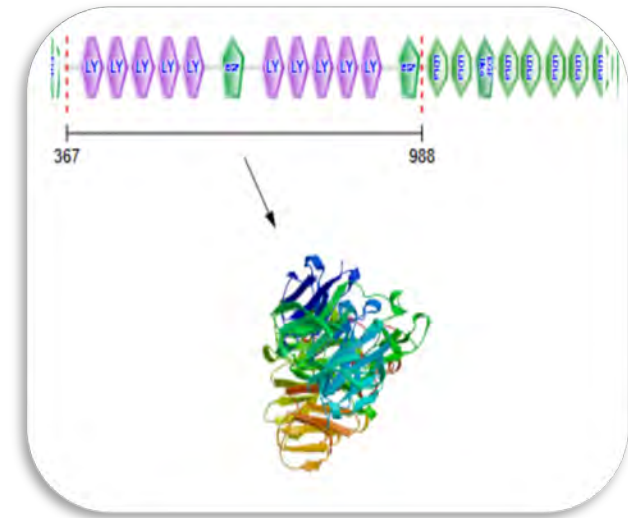


Примечание: Цветные узлы показывают оболочки интеракторов, пустые – белки неизвестной трехмерной структуры, заполненные – трехмерная структура известна или предсказана.

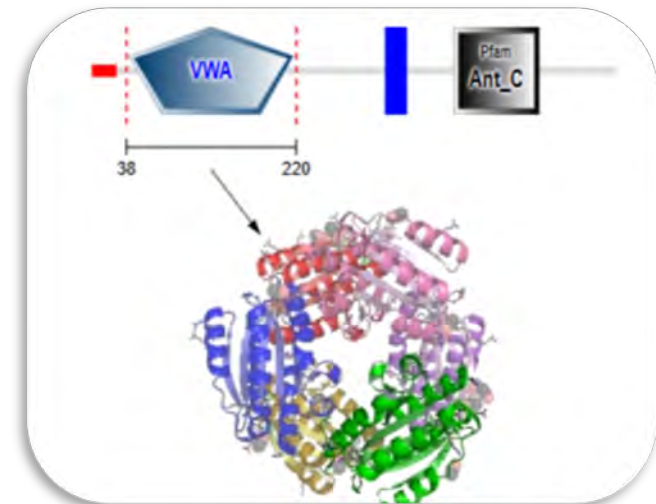
Функциональная аннотация генов-кандидатов по базе Cattle QTL

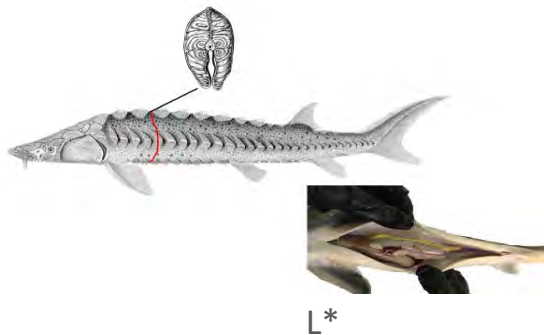
№хр.	Ген	Показатели количественных признаков согласно генной аннотации
2	LRP2	Фертильность (QTL:212457); Борозда вымени (QTL:28162)
	GRHL3	Пупочная грыжа (QTL:284953)
4	SCIN	Цвет мяса (QTL:17767)
10	ABHD4	Шпик на десятом ребре (QTL:257711)
11	ANTXR1	Процент молочного жира (QTL:35040)
	SDC1	Длина корпуса (QTL:12996; QTL: 12995); Масса тела (QTL:12994)
17	FGF2	Соотношение кальция и фосфора (QTL:161345)
21	CHRNA3	Содержание гадолеиновой кислоты (QTL:193505)
	NRG4	Дни достижения 100 кг (QTL:262678 ; QTL: 262682)
	CYP1A2	Возраст полового созревания (QTL:220870)
24	BCL2	Цвет мяса (QTL:240048); Индекс массы тела (QTL:239853)
		Восприимчивость к вирусу лейкоза крупного рогатого скота (QTL:135886)
25	NTN3	Восприимчивость к вирусу лейкоза крупного рогатого скота (QTL:135886)
26	TCF7L2	Выход молочного жира (QTL:10199); Процент молочного белка (QTL:10196); Выход молочного белка (QTL:10197); Удой молока (QTL:10198); Индекс чистой прибыли (QTL:10200)

3Д-модель белкового комплекса гена LRP2

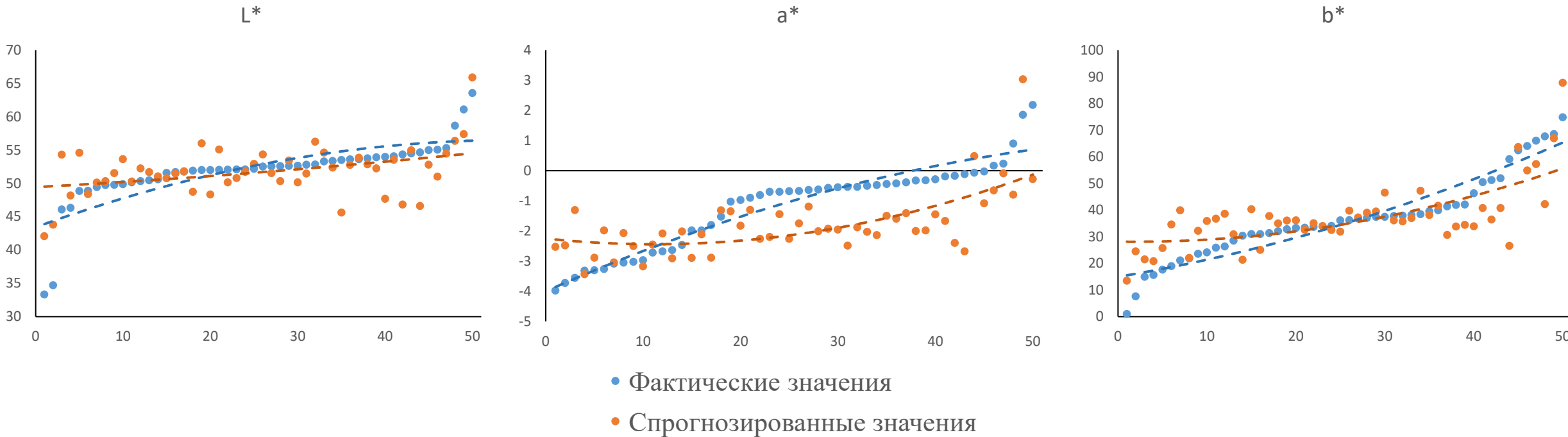


3Д-модель белкового комплекса гена ANTXR1





Сравнительная характеристика фактических и спрогнозированных компонентов спектра



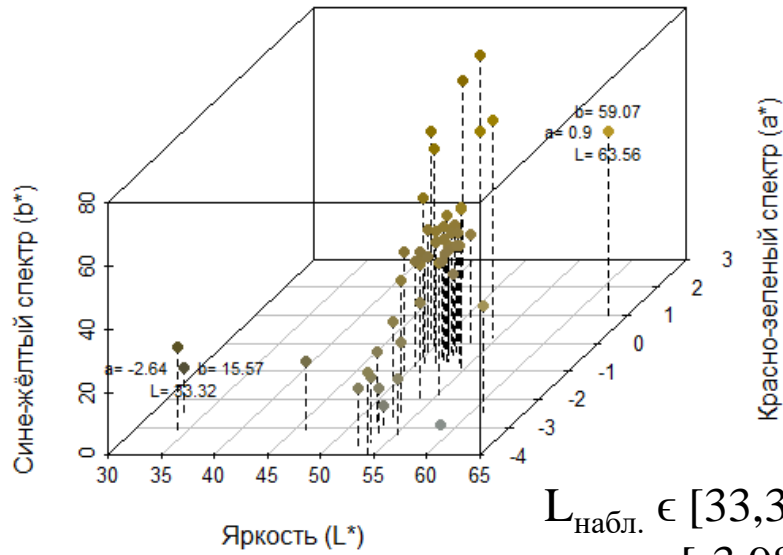
Статистические параметры остатков моделей прогноза

Параметр	Компонент спектра		
	$e(L^*)$	$e(a^*)$	$e(b^*)$
M±m	0,09±0,51	0,61±0,15	-0,36±1,43
Min...Max	-9,09...8,07	-2,25...2,56	-18,78...32,53
C_v, %	42,64	1,78	27,93

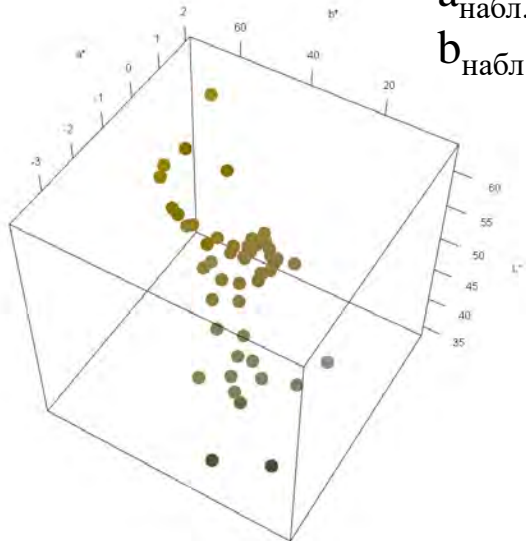
П.И. Отрадных, Н.В. Бардуков, В.И. Никипелов, А.К. Никипелова, А.А. Белоус, Н.А. Зиновьева.
 Применение морфометрических признаков для прогнозирования цветовых характеристик мяса
 сибирского осетра ленской популяции, разводимого в условиях УЗВ// Межд. Научно-иссл. ж.,
 2023, №11 (137). DOI:10.23670/IRJ.2023.137.63

Сравнительная характеристика наблюдаемых и спрогнозированных цветов

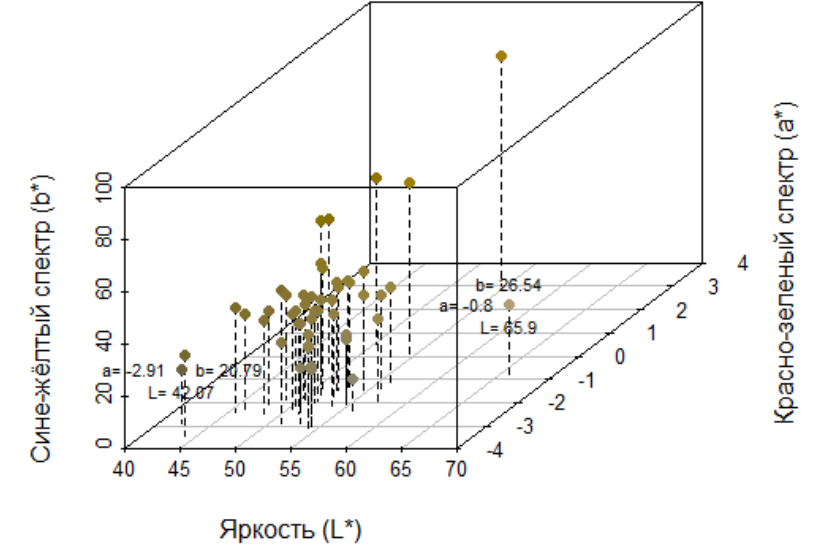
Наблюдаемые данные



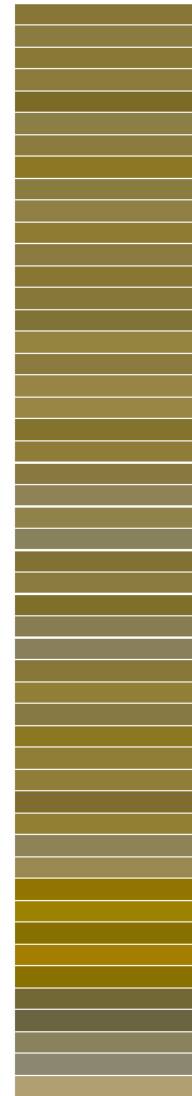
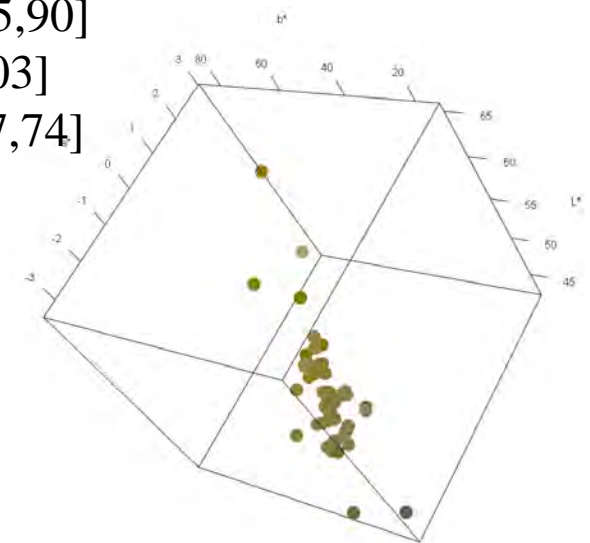
$L_{\text{набл.}} \in [33,32 \dots 63,56]$
 $a_{\text{набл.}} \in [-3,98 \dots 2,18]$
 $b_{\text{набл.}} \in [0,93 \dots 74,78]$



Спрогнозированные данные



$L_{\text{прогн.}} \in [42,07 \dots 65,90]$
 $a_{\text{прогн.}} \in [-3,44 \dots 3,03]$
 $b_{\text{прогн.}} \in [13,48 \dots 87,74]$



Оценка племенной ценности и спектральные характеристики чешуи карпов пород Анишский зеркальный и Чувашский чешуйчатый

Цель работы состояла в разработке и апробации оценок племенной ценности и спектральных характеристик чешуи, в зависимости от типа, карпов двух пород, разводимых во Всероссийском научно-исследовательском институте интегрированного рыбоводства – филиала ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста.



Анишский зеркальный карп.
Патент на селекционное достижение № 1836
Порода отличается высокой продуктивностью, плодовитостью, выживаемостью, стрессоустойчивостью при интенсивных методах разведения.



Чувашский чешуйчатый карп.
Патент на селекционное достижение № 1770
Характеризуется высокой стрессоустойчивостью, пластичностью, низкой костистостью товарного мяса. Средняя масса тела производителей до 5 кг.

Таблица 16. Оценки племенной ценности по 25 особям карпа анишской зеркальной породы

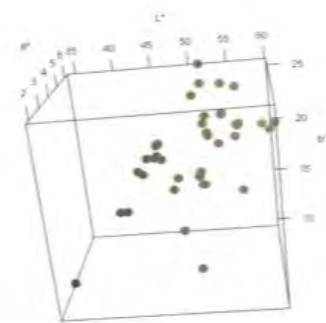
Инд. номер	Живая масса X±x	Промысловая длина X±x
20	0,73±0,12	2,98±0,81
26	0,50±0,12	1,73±0,81
38	0,13±0,12	0,58±0,81
14	0,13±0,12	1,33±0,81
8	0,11±0,12	0,12±0,81
24	0,11±0,12	0,62±0,81
21	0,10±0,12	0,58±0,81
5	0,10±0,12	1,58±0,81
6	0,09±0,12	0,41±0,85
1	0,08±0,12	-0,03±0,85
19	0,08±0,12	1,08±0,81
40	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

Таблица 17. Оценки племенной ценности по 25 особям карпа чувашской чешуйчатой породы

Инд. номер	Живая масса X±x	Промысловая длина X±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

Таблица 18. Спектральные значения цвета, в зависимости от чешуйчатого покрова

Спектральные значения	Зеркальная (разбросанная) чешуя	Сплошной чешуйчатый покров
L*	46,06±1,83	51,82±0,94
a*	5,01±0,42	3,84±0,20
b*	18,05±1,54	20,49±0,54



Трёхмерное представление цвета чешуи карпов зеркального и сплошного чешуйчатого типа покрова.



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ЖИВОТНОВОДСТВА - ВИЖ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Л.К. ЭРНСТА

ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста

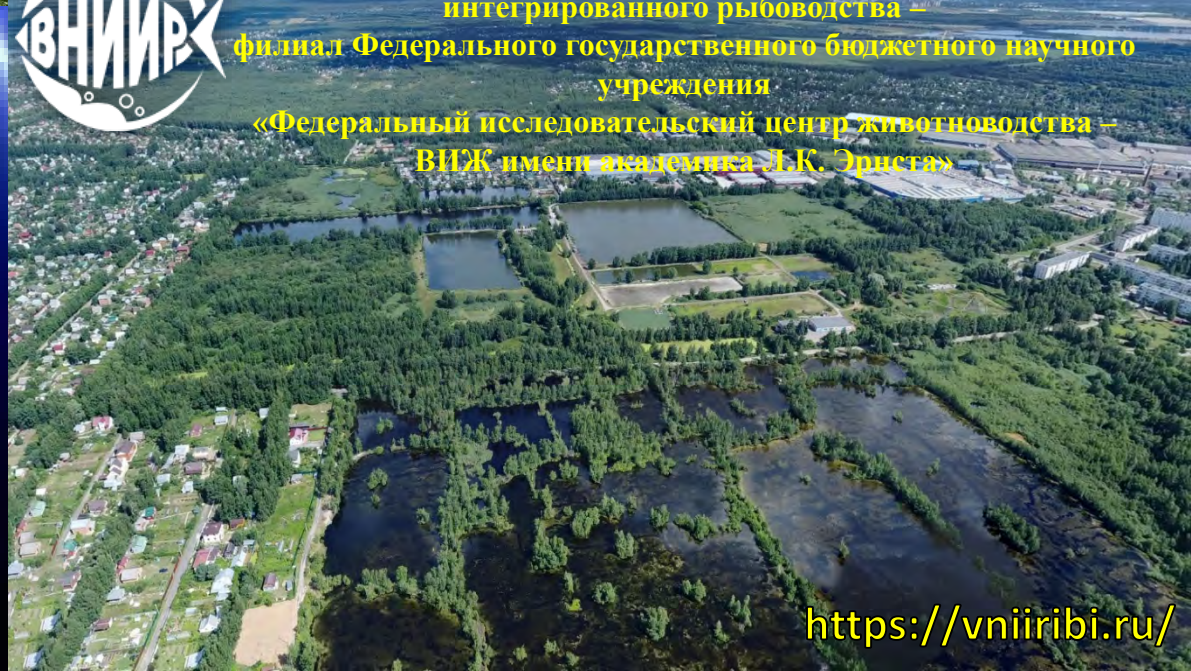


Благодарим за внимание!

<https://www.vij.ru/>



Всероссийский научно-исследовательский институт
интегрированного рыбоводства –
филиал Федерального государственного бюджетного научного
учреждения
«Федеральный исследовательский центр животноводства –
ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста»



<https://vniiribi.ru/>