



**GLOBAL & SEAFOOD**  
**FISHERY FORUM EXPO RUSSIA**  
FISHERY • AQUACULTURE • PROCESSING



**22-24 ОКТЯБРЯ '25**  
— САНКТ-ПЕТЕРБУРГ —



# **ГЕНОМИКА И НОВЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ (NEW GENOMIC TECHNOLOGY) В СЕЛЕКЦИИ И АКВАКУЛЬТУРЕ**

**Мюге Николай Сергеевич**

ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»

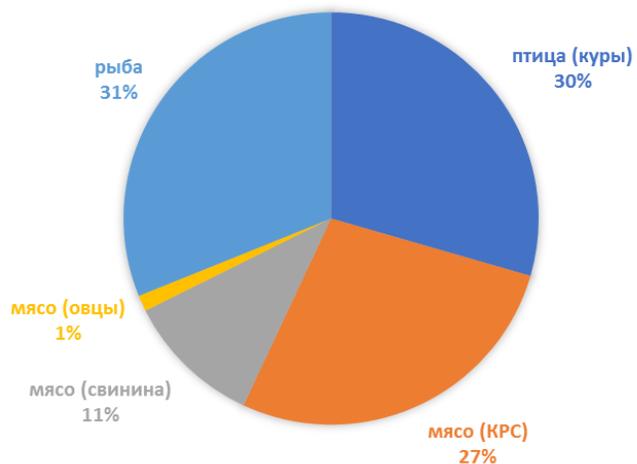
Круглый стол «Умная селекция: как генетика меняет аквакультуру России»

VIII международный рыбопромышленный форум,

Санкт-Петербург 22-24.11.2025

# РЫБА СЕГОДНЯ – ЭТО КУРИЦА ЗАВТРА!

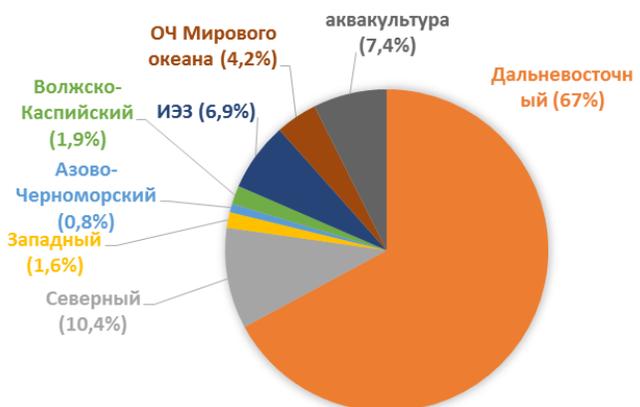
ВКЛАД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ



- В 2021 г. российскими рыбаками выловлено 5,05 млн. тонн рыбы, что сопоставимо с результатами других направлений аграрного сектора – куры около 5,07 млн. т., свинина – 4,31 млн. т. и КРС 1,67 млн. т.

- Потребление рыбы и рыбных продуктов около 20 килограммов в год на душу населения (в сравнении с 80 кг на душу населения суммарно мяса птицы, свинины и КРС)

ВЫЛОВ РЫБЫ В РАЗЛИЧНЫХ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БАСЕЙНАХ + АКВАКУЛЬТУРА

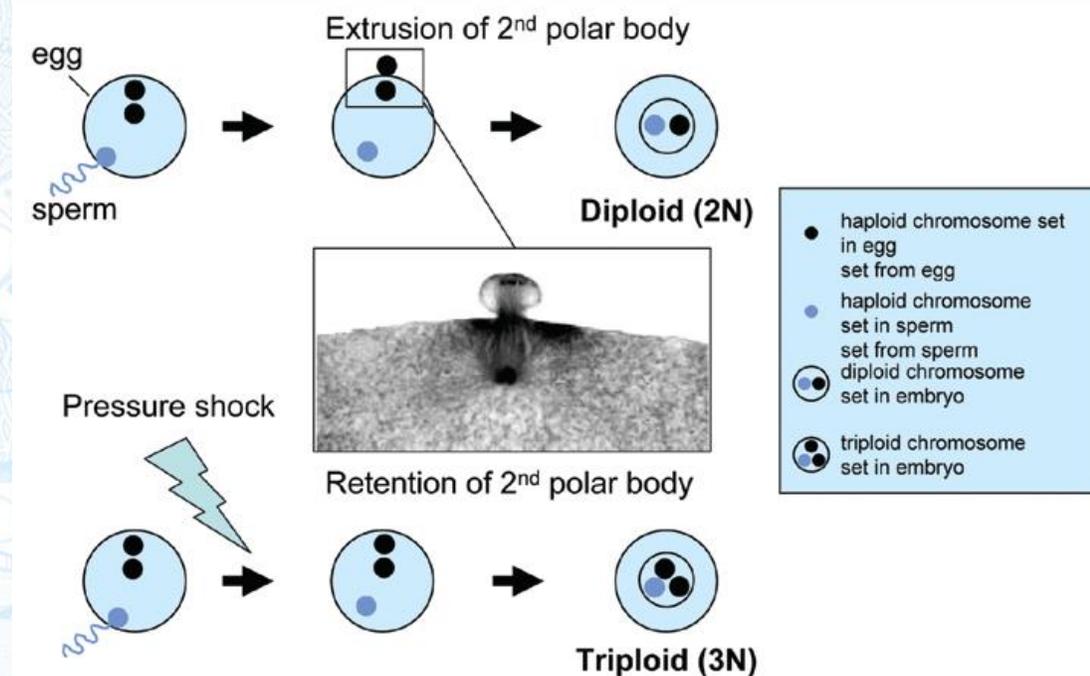


- Почти  $\frac{3}{4}$  объема вылова приходится на Дальневосточный административный округ, и большая доля вылова экспортируется в Китай и другие густонаселенные страны Юго-Восточной Азии

# Стерильные триплоидные формы



- Благодаря уникальным биологическим свойствам рыб генетические технологии, недоступные для других сельскохозяйственных животных, широко применяются в аквакультуре. В частности, в аквакультуре большую популярность имеют триплоидные ( $3n$ ) формы – с тремя наборами хромосом вместо стандартных двух. Триплоидная форель имеет существенное преимущество – она стерильна, тем самым не происходит замедление скорости роста рыбы в процессе созревания половых продуктов



# Триплоидный лосось – плюсы и минусы



## Основные преимущества триплоидных рыб в аквакультуре:

- Стерильность.
- Более высокий темп роста.
- Накопление жира.
- Толстая кожа триплоидных рыб помогает сохранить влагу и улучшает сохранность продукта.

## Основные недостатки триплоидного лосося:

- Более высокая восприимчивость к стрессу и болезням.
- Потребление большего количества корма. Триплоидным рыбам требуется несколько иная пища, чем диплоидным.
- Большая часть рыбы может быть классифицирована как более низкокачественная.

 HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Forskning ▾ Rådgivning ▾ Publikasjoner ▾ Temasider ▾ Tokt og felt ▾ Lab og stasjoner ▾ Om oss ▾

[Hjem](#) / [Rapporter](#) / Production, fasting and delousing of triploid and diploid salmon in Northern Norway

### Production, fasting and delousing of triploid and diploid salmon in Northern Norway

— Report for the 2020-generation

  Author(s): [Lars Helge Stien](#) , Cameron Thompson , [Per Gunnar Fjellidal](#) , [Frode Oppedal](#) , Tore Kristiansen (IMR), Per Anton Sæther (Åkerblå AS), Per Magne Bølgen (SalMar AS) and Lisbeth Martinsen (SalMar AS)

# A transcriptomic analysis of diploid and triploid Atlantic salmon lenses with and without cataracts

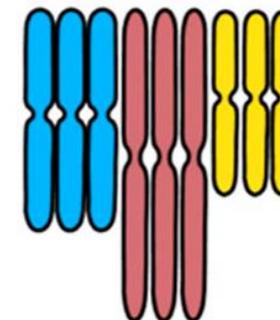
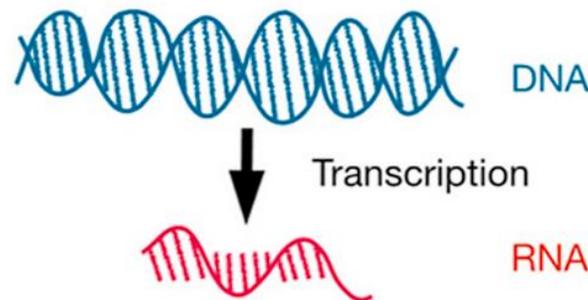
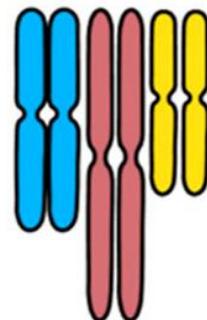
Pål A. Olsvik <sup>a b</sup>, Roderick Nigel Finn <sup>c d</sup>, Sofie C. Remø <sup>b</sup>, François Chauvigné <sup>d</sup>, Kevin A. Glover <sup>b c</sup>, Tom Hansen <sup>b</sup>, Rune \

## Increased prevalence of cataracts in triploid Atlantic salmon

Diploid salmon  
2N



Triploid salmon  
3N



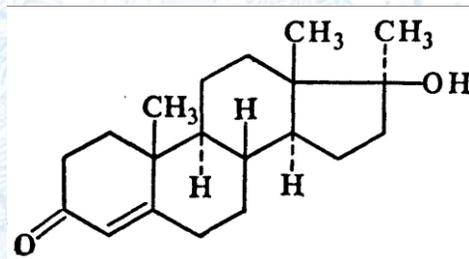
Modest transcriptional differences

Triploid lens has impaired ability to repair damaged proteins

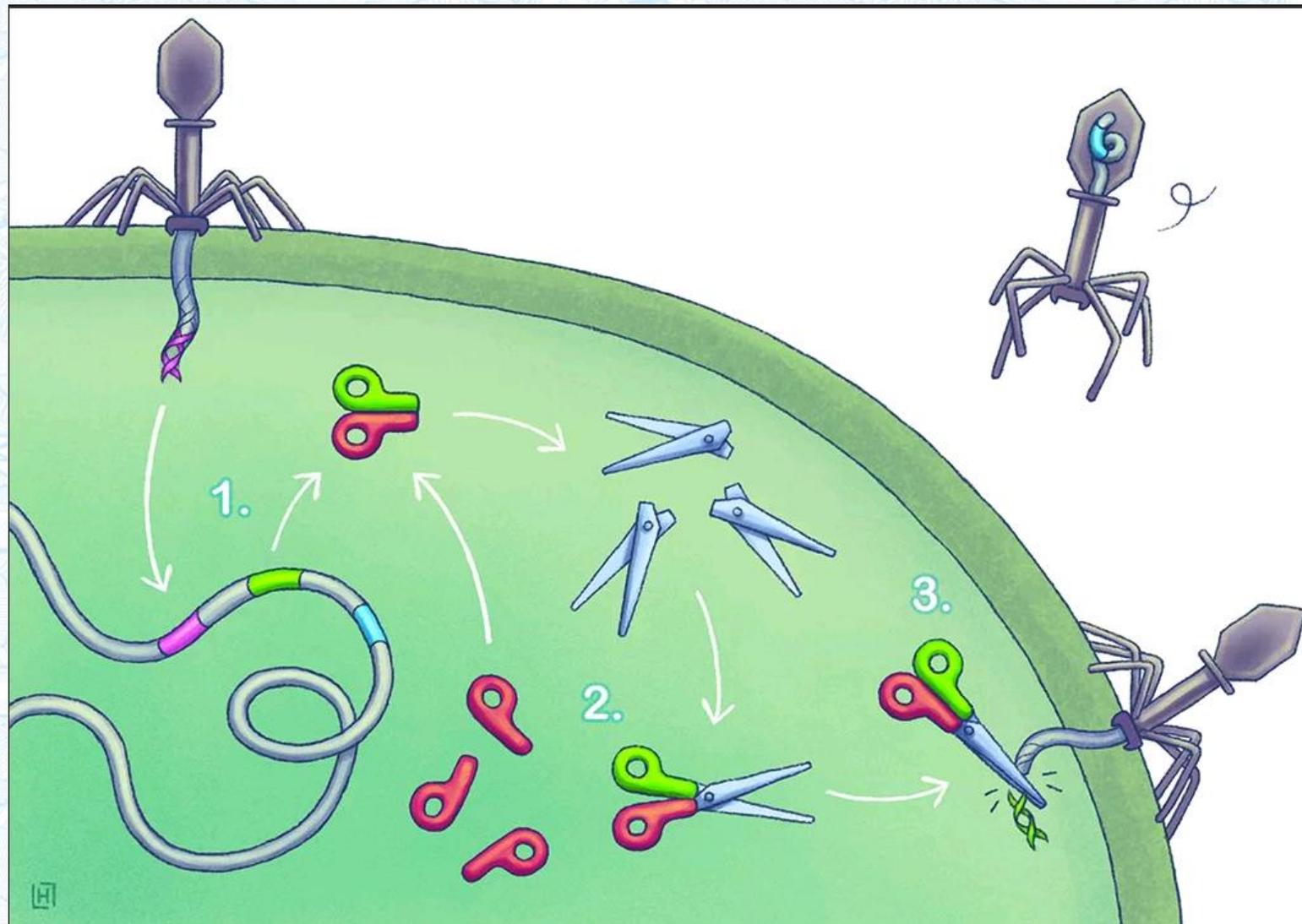
# Получение рыб, представленное только самками («Самцы-реверсантами»)

- Для получения однополого потомства, часть самок (генотип XX) маточного стада на стадии личинки в их первые 3-4 недели жизни кормят с добавкой синтетического аналога тестостерона (17метил-тестостероном), в результате у мальков происходит полное перепрограммирование генетической программы развития и получают «самцов – реверсантами».
- Вся импортная икра форели представлена однополой («феминизированной») формой. В России нет возможности легально приобрести препарат для получения самцов – реверсантами и получить однополое потомство.
- согласно Постановлению Правительства РФ от 29.12.2007 N 964, метил-тестостерон включен в список сильнодействующих веществ для целей статьи 234 и других статей Уголовного кодекса Российской Федерации

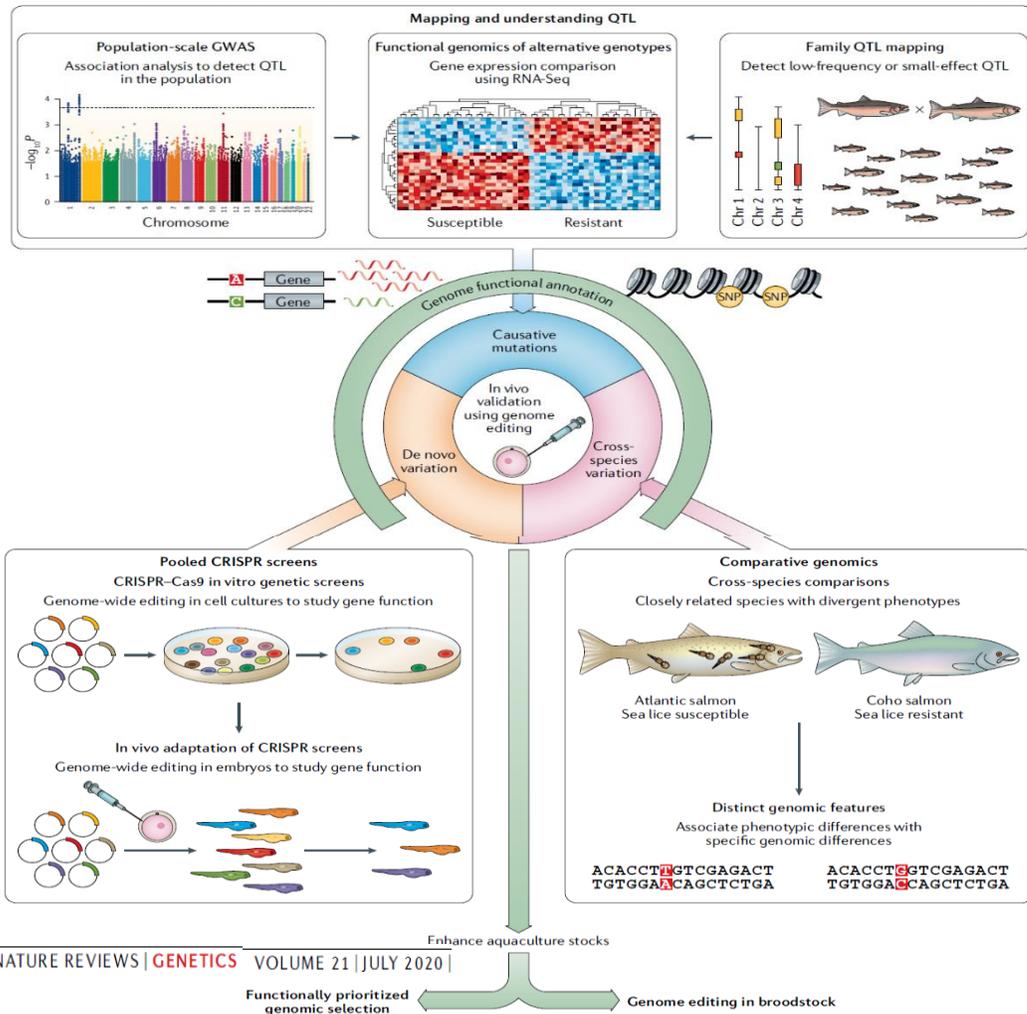
17-метил-тестостерон



# Редактирование генома – инструмент, позаимствованный у бактерий

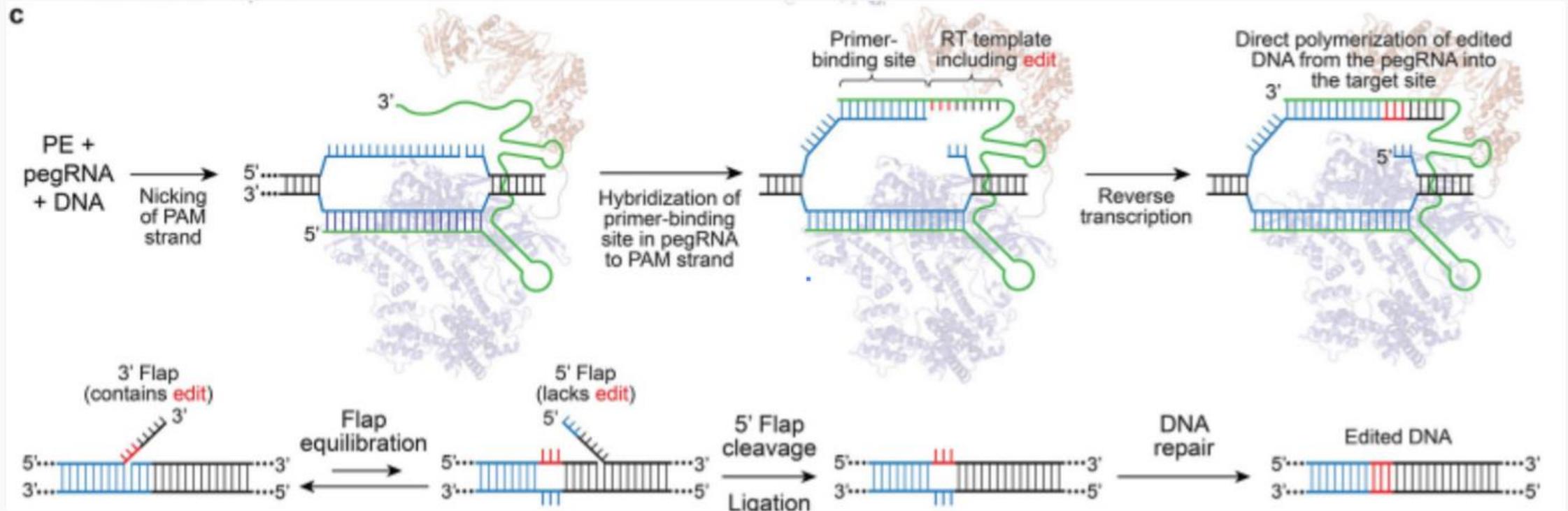


# Геномное редактирование CRISPR/Cas – современный инструмент функциональной геномики рыб

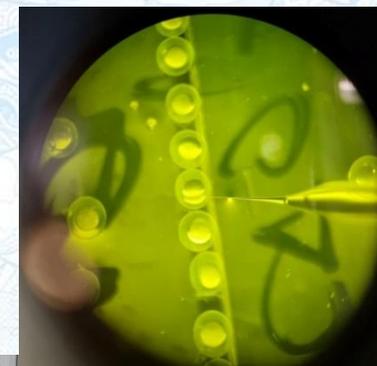


- в мировой практике активно начинаются работы по геномному редактированию – инструменту по направленному внесению точечных изменений в определенных участках генома с использованием технологии CRISPR/CAS. Основное отличие этих технологий от ГМО (генно-модифицированные организмы) в том, что при геномном редактировании не вносится чужеродный генетический материал, а внесенные в геном точечные изменения являются аналогом природного мутационного процесса, наблюдаемого во всех организмах.
- отсутствие в законодательстве нормативной базы для гено-редактированных животных и растений тормозит внедрение этих современных и многообещающих технологий в практику

# Prime-editing более эффективный метод редактирования ДНК без двухцепочечных разрывов

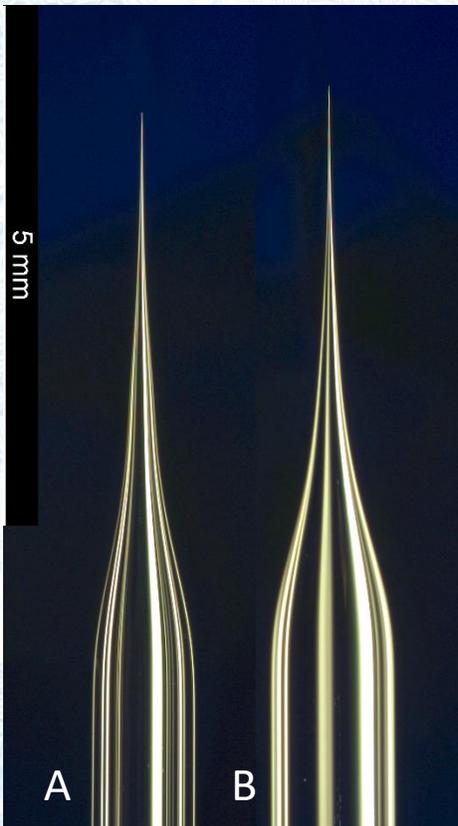


# «Центр геномного редактирования», проводятся эксперименты по редактированию с использованием технологии CRISPR/Cas



# ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ГЕНОМНОМУ РЕДАКТИРОВАНИЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CRISPR-CAS9 С КОНСТРУКЦИЕЙ ДЛЯ КАРПА

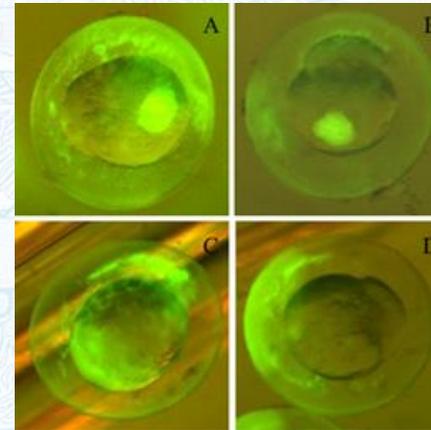
## Микроинъекции редактирующего комплекса в эмбрионы *Cyprinus carpio*



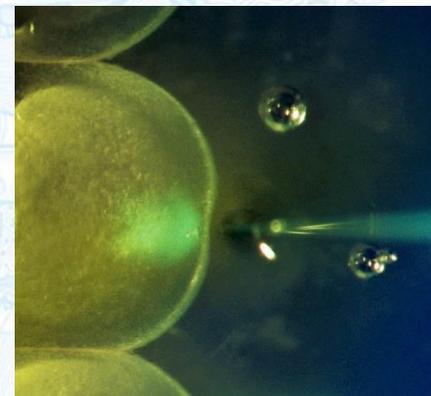
A: Иглы изготовленные на приборе RWD Micropipette puller (HF-3030B) из заготовок WPI 1B100F по программе Cycle = 1, Heat = 615, Pull = 0, Velocity = 50, Time = 250 (внутр. диам. – 1-3 мкм)

B: Eppendorf Femtotip II (внутр. диам. – 0,5 мкм)

Параметры микроинъекции:  
 угол наклона иглы в 30°C к горизонтальной оси,  
 $P_i = 800\text{hPa}$ ,  $P_c = 90\text{hPa}$ ,  
 $T = 1\text{сек}$ ,  $V = 0,5\text{nl}$



Инъекции зеленого флуоресцентного красителя в разные участки эмбриона *Danio rerio*:  
 A, B – в область желтка, C – в анимальный полюс (предпочтительная область), D – под оболочку икринки  
 Использованы иглы Eppendorf Femtotip II



Инъекции зеленого флуоресцентного красителя в анимальный полюс эмбриона *Cyprinus carpio*  
 Использованы иглы из заготовок WPI 1B100F

# Генетическое редактирование гена миостатина (*mstn*) у *Cyprinus carpio*



Редактирующий комплекс = gRNA + Cas9 endonuclease

*mstn*-crRNA (хромосомы A9, B9)

104fw: GCAGCCTTCCACAGCCA\*CGGAGG

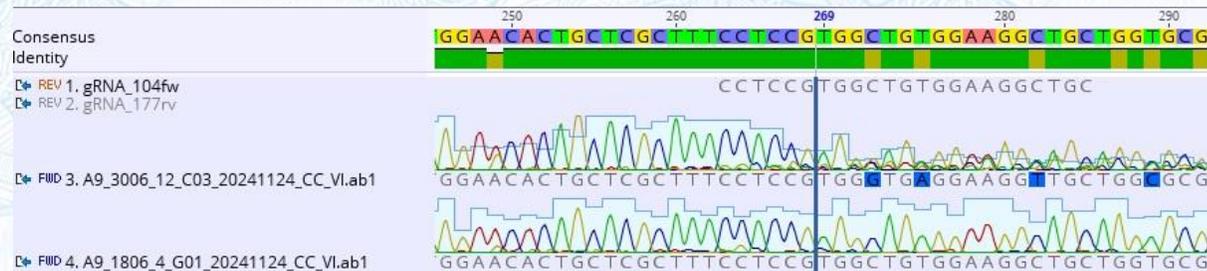
177rev: GTCGGAGTTTGCTAAGA\*ATTTGG

\* – место разреза

жирный шрифт – PAM-мотив

Стандартный  
каркас gRNA  
(tracrRNA)

Детекция события редактирования методом секвенирования по Сэнгеру



Проведен анализ по хромосоме A9: 116 образцов  
Отредактировано по хромосоме A9: 12 (10,3%) образцов  
Проведен анализ по хромосоме B9: 88 образцов  
Отредактировано по хромосоме B9: 9 (10%)  
Отредактировано по двум хромосомам: 8 (7%)



Картина дня

Политика

Экономика

Происшествия

Общество

Спорт

Культура



Версия для печати

# Рыба мечты: генное редактирование помогло российским ученым создать гигантского карпа

Россия/мир > Новости > Рыба мечты: генное редактирование помогло российским ученым

НАУКА

Конструкторы России

Наука ПРО

## Ученые-генетики ВНИРО создали гигантского суперкарпа

09.03.2025 / 12:01

Текст:

Николай Грищенко



пресс-служба Росрыболовства

#НАУКА ПРО

Генетики Всероссийского НИИ рыбного хозяйства и океанографии получили особей карпа с отредактированным геномом миостатина - белка, который подавляет рост мышечной ткани. В ходе эксперимента ученые планируют

Новости науки

#ПРОСТО КОСМОС

Открыты две планеты, похожие на



# Редактированные по *mstn* карпы в аквариальной ВНИРО (октябрь 2025)



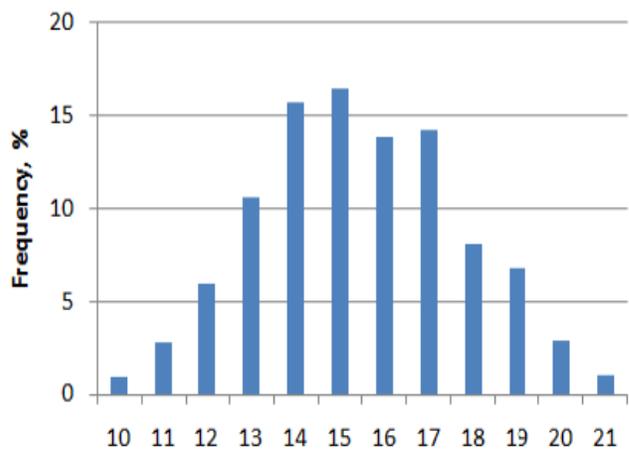
# Форелеводство – самое быстрорастущее с.-х. направление, но от 90 до 100% икры лососевых импортируется



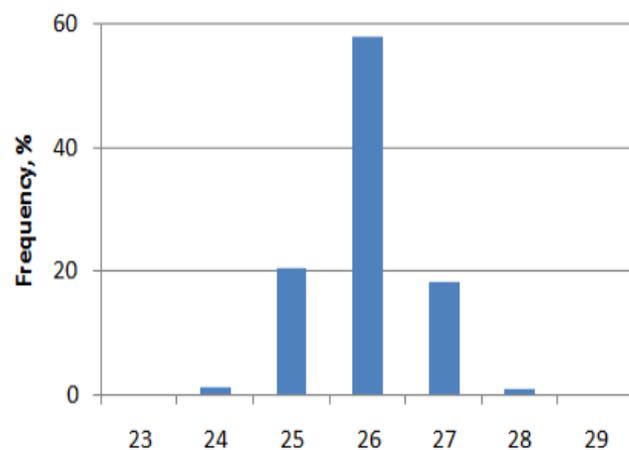
- Товарная аквакультура – самое быстроразвивающееся направление сельского хозяйства, обеспечивающее население высококачественной рыбной продукцией.
- В 2021-22 гг. потребность для форелеводства составляла 110 миллионов икринок ежегодно, в то время, как только 10 миллионов было выращено от икры российского происхождения, и около 100 миллионов – ввезенных из-за рубежа
- В 2023 и 2024 гг. по данным таможни, в РФ ввезено 145 и 170 миллионов икринок форели, в то же время рост производства товарной форели последние 2 года близок к нулю.
- Объясняется низким качеством ввозимой икры (главным образом болезнеустойчивость), завоз вирусной инфекции от сомнительных поставщиков икры. Икра завозится с большим «запасом» с учетом мальковой смертности.



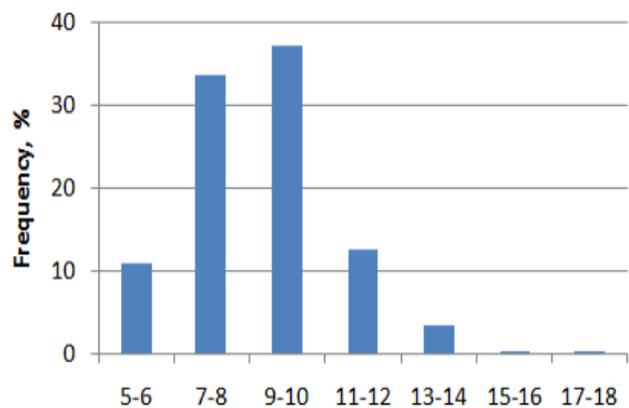
# Основа селекции – генетическая изменчивость!



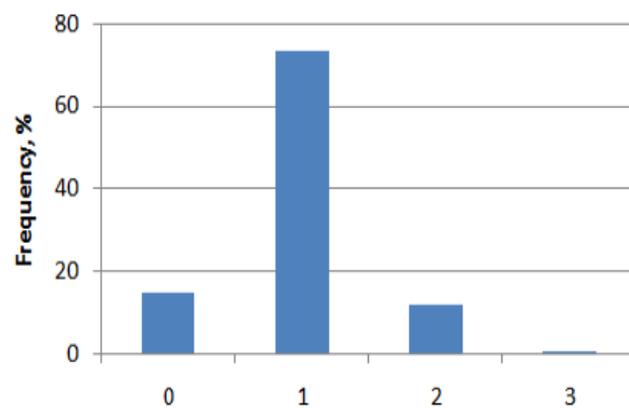
(a) Fillet fat content, %



(b) Salmofan scale



(c) Breaking force, N



(d) Melanin, Score



Fig. 4.2. Distribution of (a) fillet fat content (%), (b) SalmoFan score, (c) breaking force (N) and

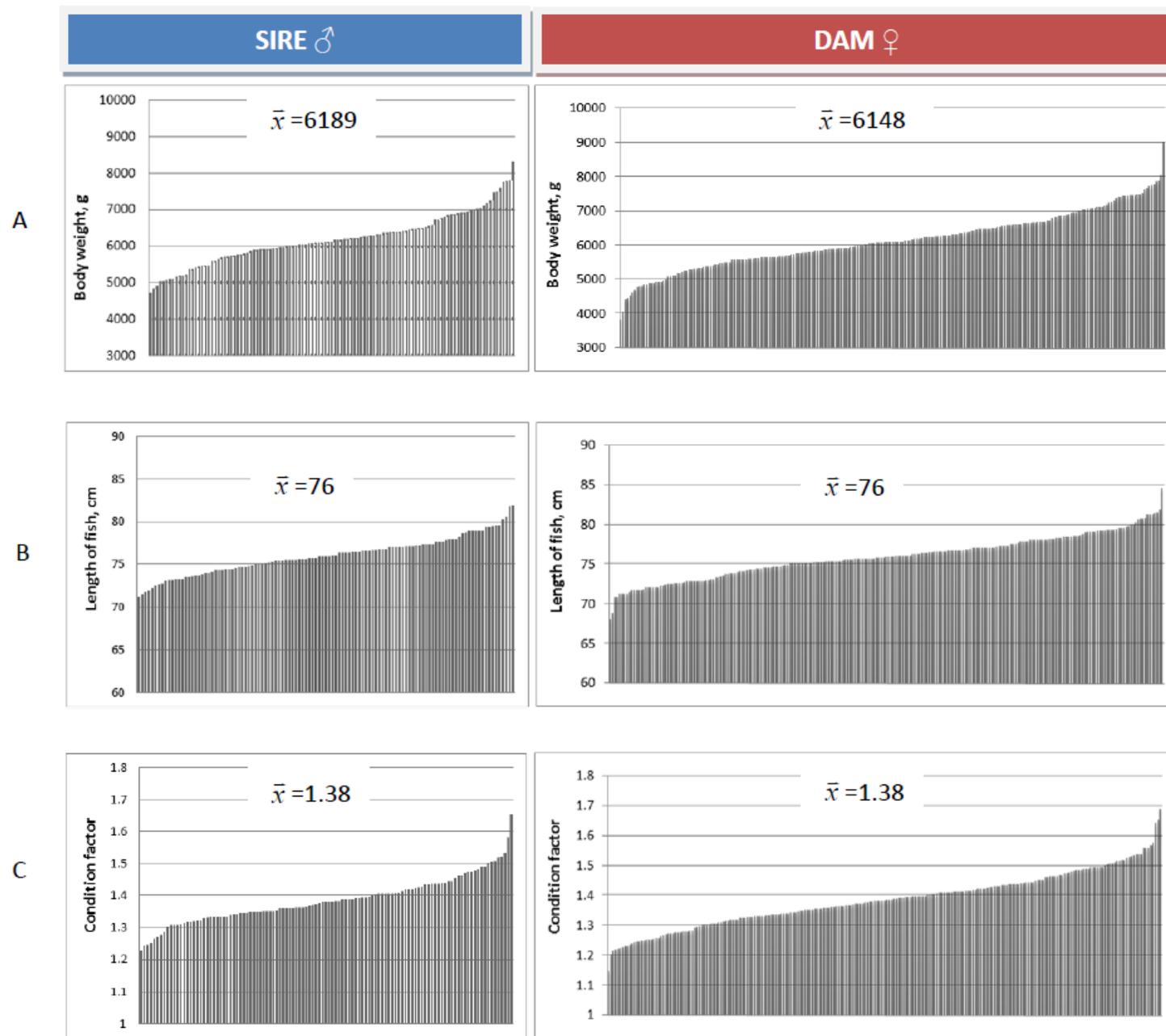


Fig. 4.4. Body weight (A), body length (B) and condition factor (C) of Atlantic salmon families.

# Схема современного селекционно-генетического центра и схема проведения основных этапов работы (1/2)



Field test – выявление наиболее перспективных генотипов в условиях, приближенных к товарному выращиванию (индустриальный партнер).

Challenge test – выявление наиболее устойчивых генотипов (производителей) к актуальным инфекциям (ихтиопатологический испытательный стенд ВНИРО, коллекция актуальных штаммов).

Родители (или братья-сестры) «Победителей» как в field test, так и challenging test в каждом поколении (!) переходят в племенное ядро селекционного теста, и цикл повторяется.

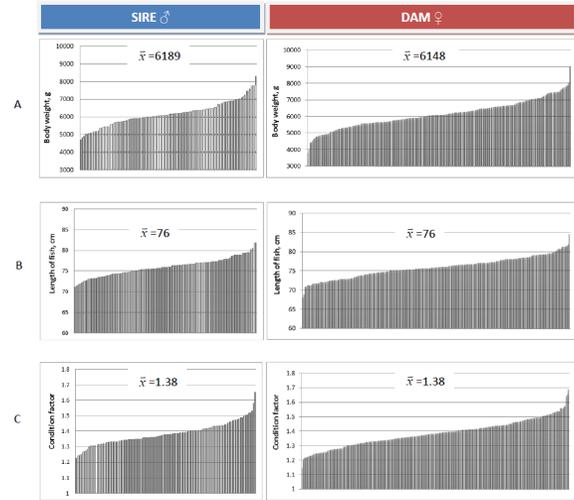
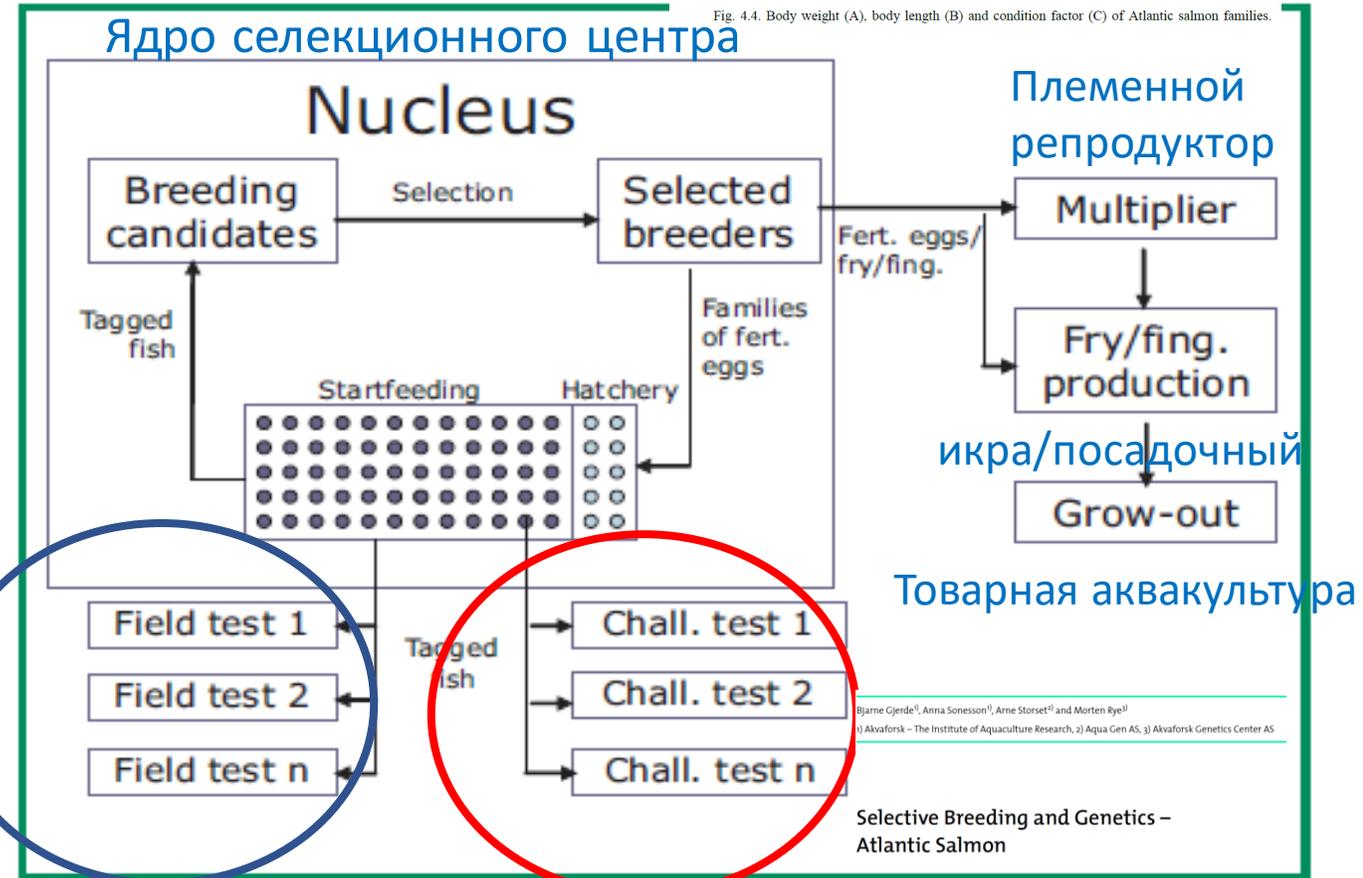
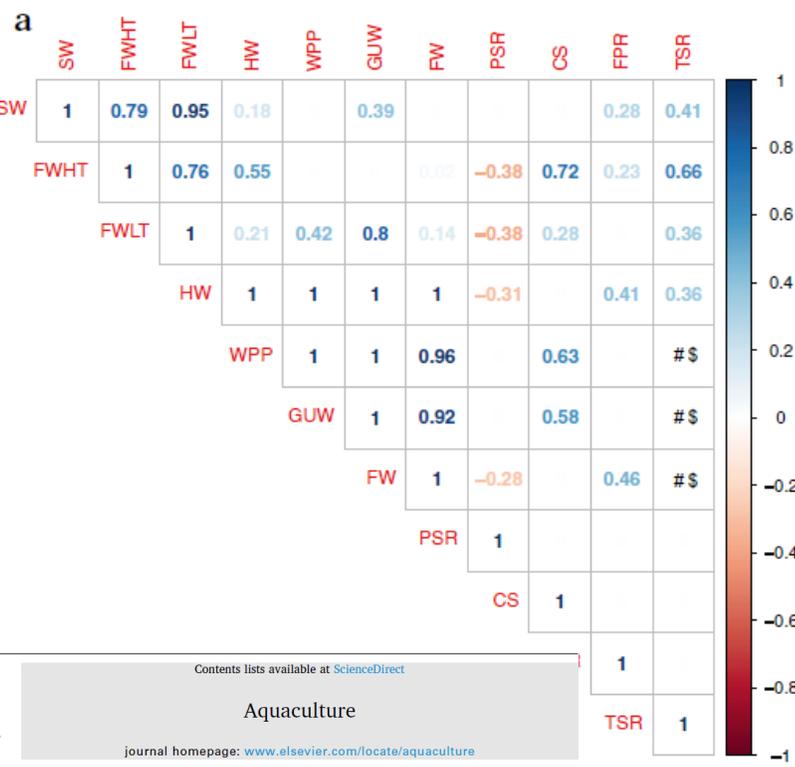
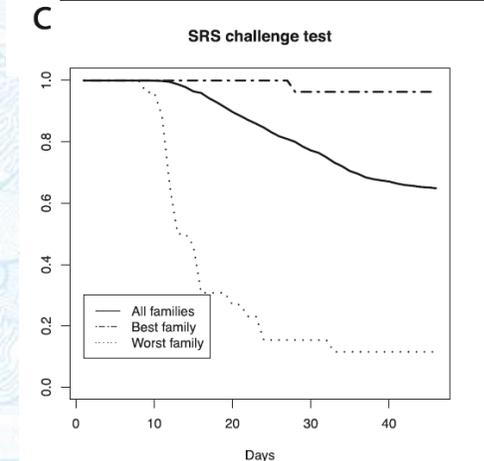
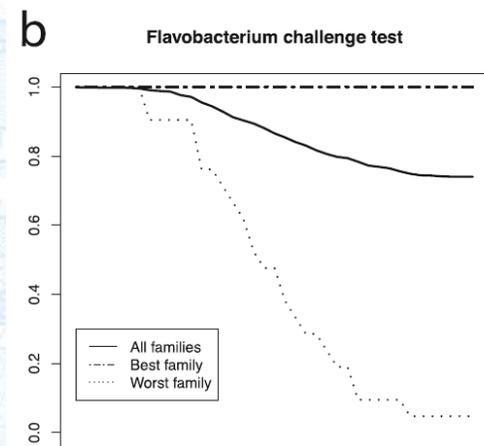
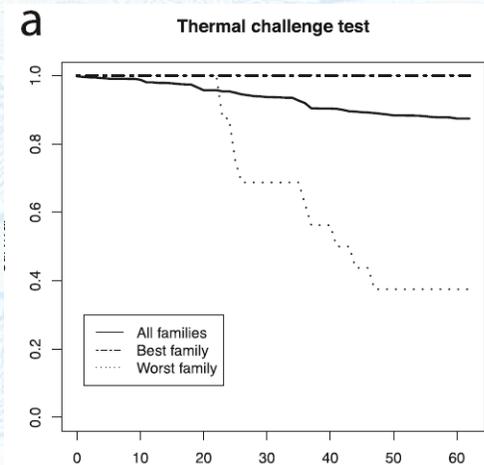


Fig. 4.4. Body weight (A), body length (B) and condition factor (C) of Atlantic salmon families.



Bjarne Cjende<sup>1</sup>, Anna Sonesson<sup>1</sup>, Arne Storset<sup>2</sup> and Morten Rye<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> Akvaforsk – The Institute of Aquaculture Research, <sup>2</sup> Aqua Gen AS, <sup>3</sup> Akvaforsk Genetics Center AS

# Кривые выживаемости Каплана-Майера для трёх различных испытаний (challenge tests) на выживаемость в условиях повышенной температуры (a), заражения флавобактериозом (b) и писцириккетсиозом (c).



Genetics of growth and survival under chronic heat stress and trade-offs with growth- and robustness-related traits in rainbow trout  
 Jouseph Gallardo-Hidalgo<sup>a,b,c</sup>, Agustín Barría<sup>a,1</sup>, Grazyella M. Yoshida<sup>a</sup>, José M. Yáñez<sup>a,d,\*</sup>

Генетическое улучшение роста и выживаемости в условиях хронического воздействия высоких температур осуществимо. Необходимо учитывать компенсацию между признаками, связанными с ростом и выносливостью, при одновременном включении признаков продуктивности и болезнеустойчивости при направлении селекции

# GWAS



**favet**

Facultad de Ciencias  
Veterinarias y Pecuarias  
UNIVERSIDAD DE CHILE



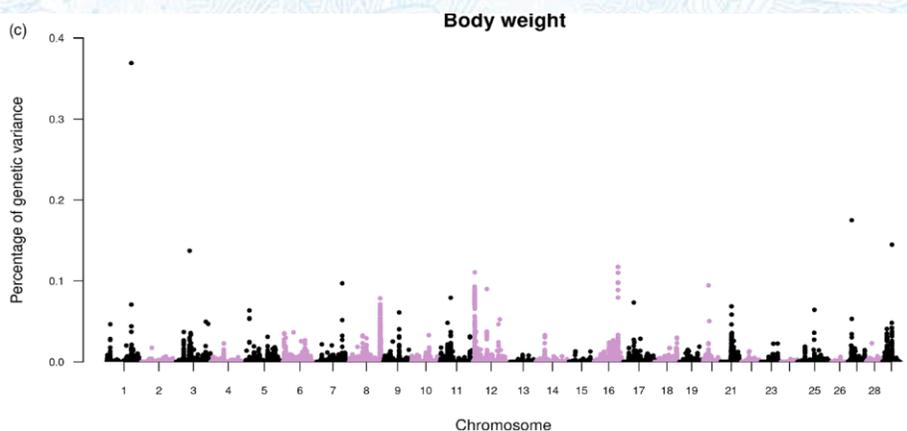
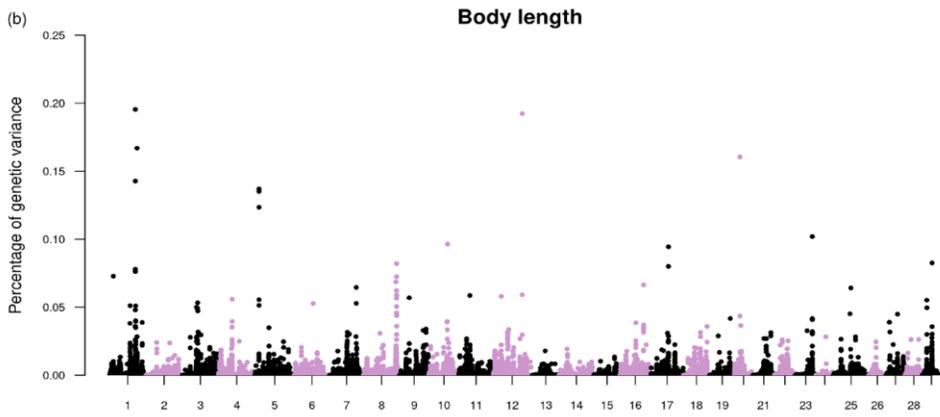
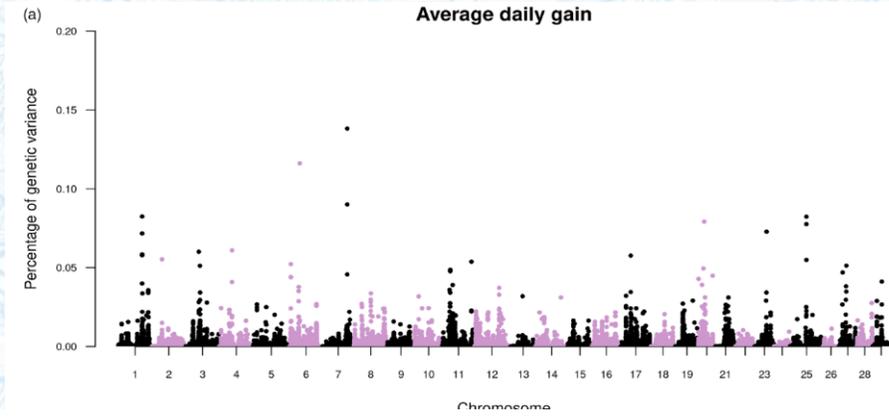
Evolutionary Applications **WILEY**  
Open Access

SPECIAL ISSUE ORIGINAL ARTICLE

## Increased accuracy of genomic predictions for growth under chronic thermal stress in rainbow trout by prioritizing variants from GWAS using imputed sequence data

Grazyella M. Yoshida<sup>1</sup> | José M. Yáñez<sup>1,2</sup>

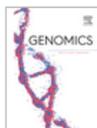
Исследование GWAS на дневной прирост, массу и длину при выращивании форели на повышенной температуре. Выявлены несколько ключевых участков генома, содержащие три гена - signal transducer and activator of transcription 5B and 3 (*STAT5B* и *STAT3*), и cytokine-inducible SH2-containing protein (*CISH*)





## Genomics

Volume 113, Issue 5, September 2021, Pages 3395-3404



# Detection of selection signatures in the genome of a farmed population of anadromous rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

María I. Cádiz <sup>a b g</sup>, María E. López <sup>c</sup>, Diego Díaz-Domínguez <sup>d</sup>, Giovanna Cáceres <sup>a b</sup>, Rodrigo Marin-Nahuelpi <sup>b g</sup>, Daniel Gomez-Uchida <sup>e g</sup>, Cristian B. Canales-Aguirre <sup>f g</sup>, Pablo Orozco-terWengel <sup>h</sup>, José M. Yáñez <sup>b g</sup>  



## Aquaculture

Volume 531, 30 January 2021, 735685



# Genetics of growth and survival under chronic heat stress and trade-offs with growth- and robustness-related traits in rainbow trout

Jouseph Gallardo-Hidalgo <sup>a b c</sup>, Agustín Barría <sup>a 1</sup>, Grazyella M. Yoshida <sup>a</sup>, José M. Yáñez <sup>a d</sup>  

### JOURNAL ARTICLE

# Single-Step Genome-Wide Association Study for Resistance to *Piscirickettsia salmonis* in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Agustin Barria, Rodrigo Marín-Nahuelpi, Pablo Cáceres, María E López, Liane N Bassini, Jean P Lhorente, José M Yáñez  [Author Notes](#)

G3 Genes|Genomes|Genetics, Volume 9, Issue 11, 1 November 2019, Pages 3833–3841,



Volume 9, Issue 11  
1 November 2019

# Genetic (co)variation in skin pigmentation patterns and growth in rainbow trout

Published online by Cambridge University Press: 07 August 2018

F. H. Rodríguez, G. Cáceres, J. P. Lhorente, S. Newman, R. Bangera, T. Tadich, R. Neira and J. M. Yáñez 

[Show author details](#)





ВНИРО: аквариальная холодоводной аквакультуры (20 куб. м. воды, USB система охлаждения) , позволяющая содержать 500 - 1000 кг рыбы – 2 селекционных ядра по 150 особей.

В 2025 г. получено F2 от линии форели, селектированной для морского выращивания.

В ходе работ по апробации реверсии пола получены самцы-реверсаны с генотипом самки (XX), позволяющие получить однополое потомство. Налажен процесс получения и инкубации икры, выращивания от личинки до половозрелой особи.

Наличие полностью функционирующей современной инфраструктуры позволит сразу перейти к ведению селекции форели на имеющихся и на наиболее перспективных зарубежных линиях.



# Создан Центр геномной селекции объектов аквакультуры ВНИРО



- Центр геномной селекции создан на базе четырех подразделений:
- Департамент Аквакультуры
- Отдел молекулярной генетики
- Лаборатории ихтиопатологии ВНИИПРХ
- Лаборатории генетики и селекции рыб ВНИИПРХ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»  
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»

## ПРИКАЗ

от 26.06.2025.

МОСКВА

№ 113

### О Центре геномной селекции

В целях организации деятельности по геномной селекции радужной форели, **п р и к а з ы в а ю** :

1. Департаменту аквакультуры, Отделу молекулярной генетики, Лаборатории ихтиопатологии и Лаборатории генетики и селекции рыб ВНИИПРХ (далее – Центр геномной селекции) обеспечить:

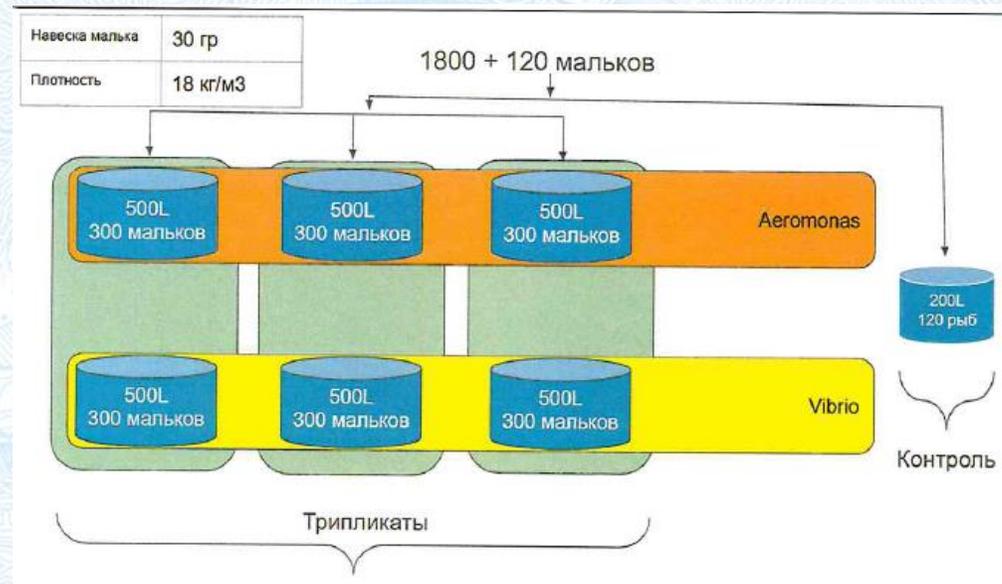
1.1. подготовку и проведение работ по содержанию селекционного ядра;

1.2. планирование, организацию и проведение исследований, направленных на создание новых пород и линий радужной форели с

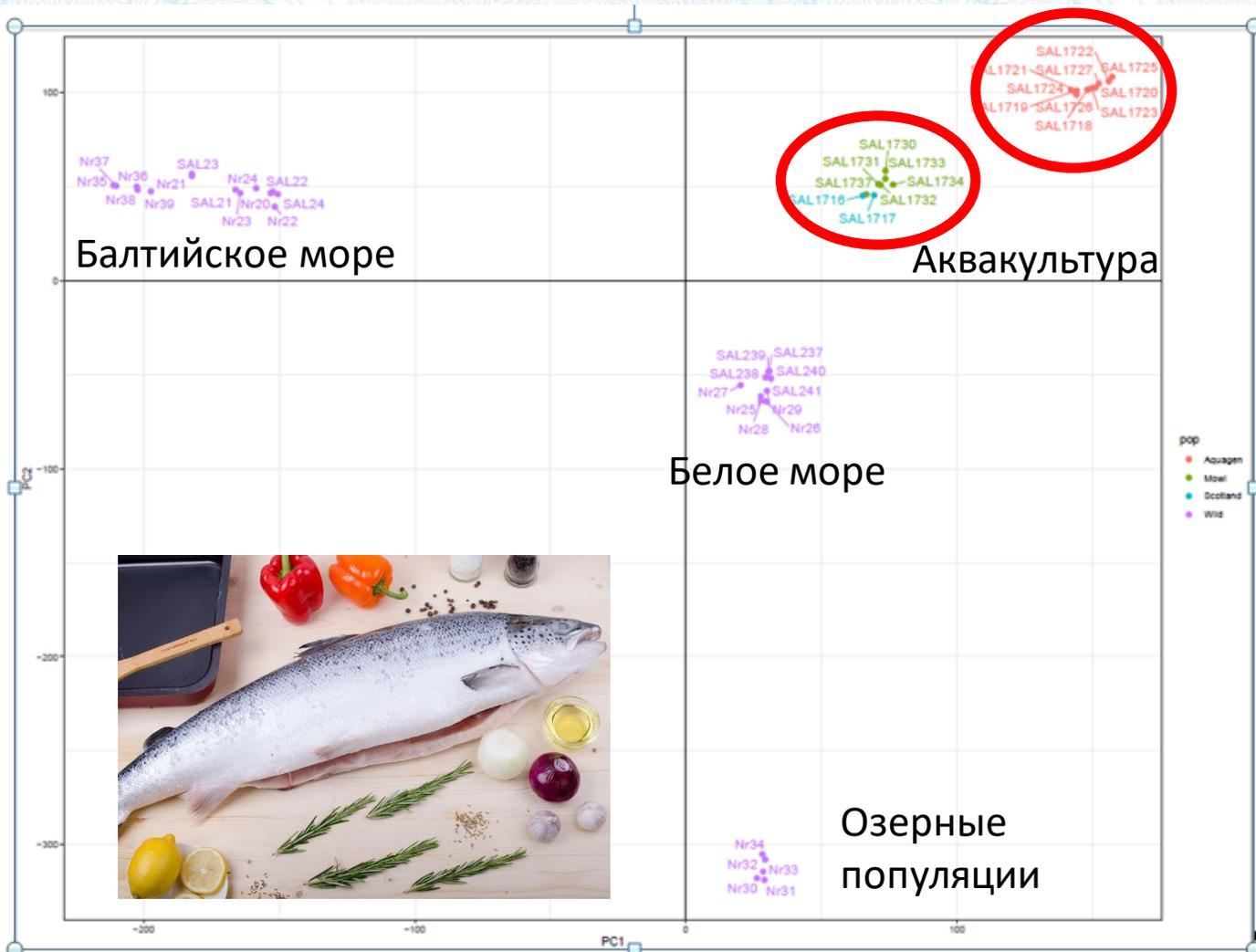
# План работ Центра геномной селекции ВНИРО



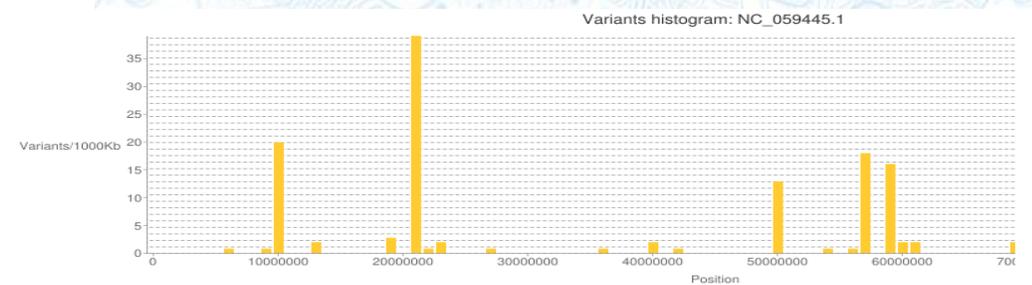
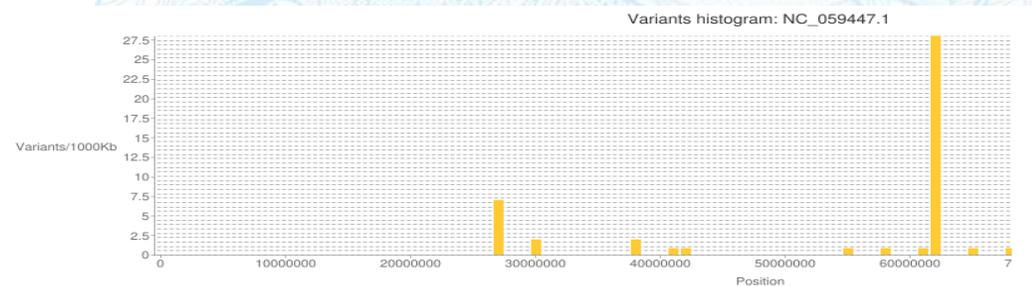
- Генотипирование наиболее и наименее устойчивых особей методом Low-Pass Seq,
- поиск геномных ассоциаций и маркеров устойчивости,
- Аннотация выявленных геномных участков, системная биология выявленных механизмов
- Отбор в селекционное ядро молоди, несущей выявленные геномные маркеры желаемых признаков.
- Ревизия бактериальных и вирусных патогенов, содержащихся в Отраслевой исследовательской коллекции возбудителей заболеваний объектов аквакультуры на базе ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», и пополнение ее новыми формами.



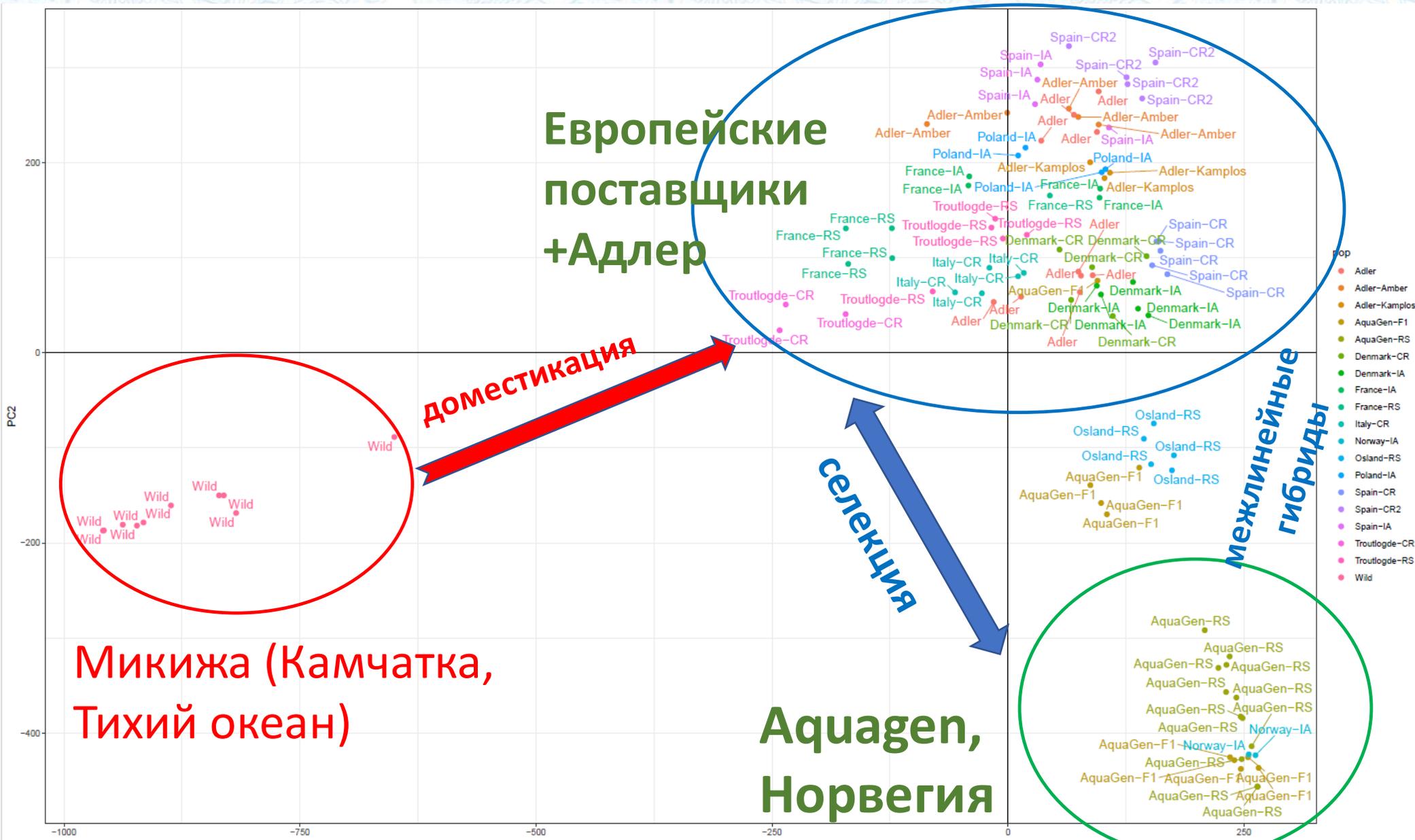
# Полногеномное секвенирование различных популяций дикой семги (*Salmo salar*) и аквакультурного лосося



- Распределение дифференцирующих полиморфизмов на хромосомах неравномерно и соответствует геномным островкам дивергенции.



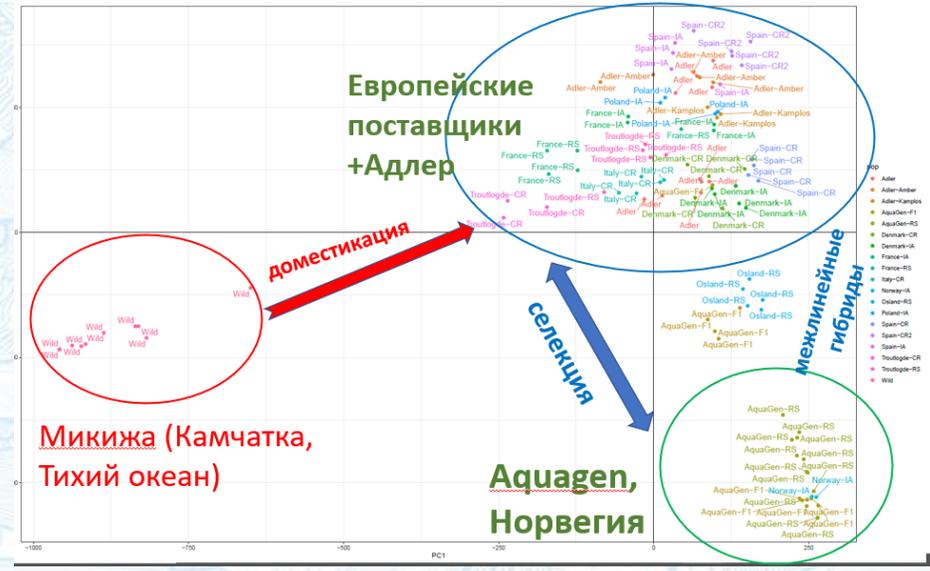
# Радужная форель и микижа – полногеномные данные



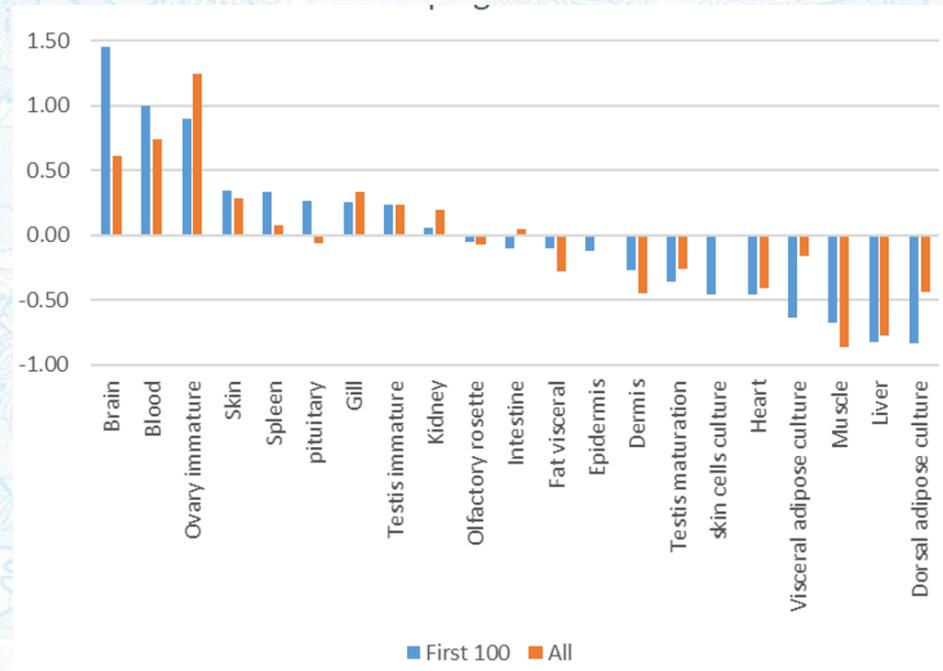
# Аннотация несинонимичных SNPs



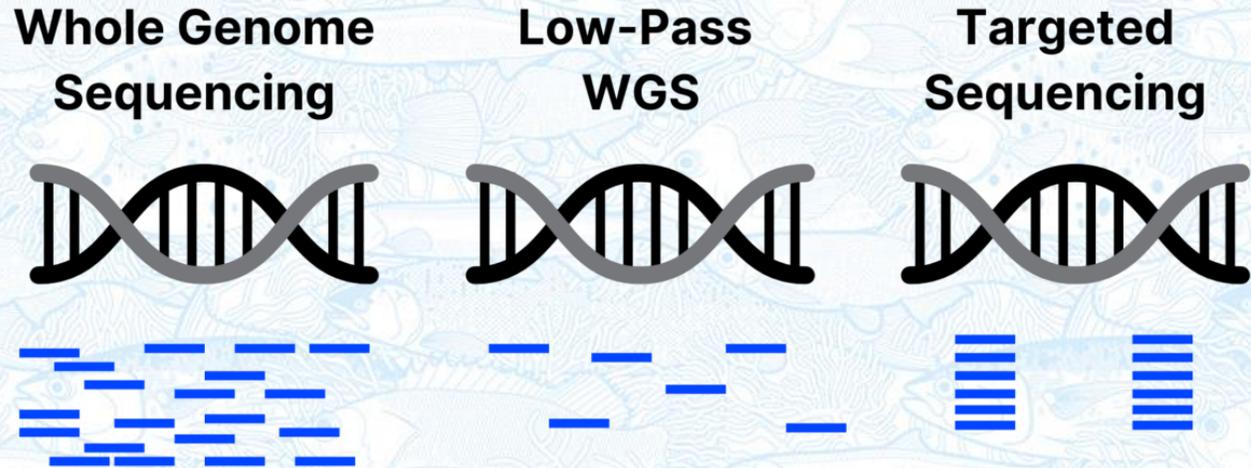
Chrom	Position	ID	REF	ALT	Wild.Ref.A	Wild.Alt.A	Aquagen.F	Aquagen.Alt	Alele.freq	Annotation
NC_059443.1	75133820	437846	C	T	0,80	0,20	0,00	1,00	NACHT, LRR and PYD domains-containing protein 1b allele 2-like	ANN=T missense_variant
NC_059443.1	83181557	453433	T	C	0,98	0,02	0,00	1,00	zinc finger protein OZF-like	ANN=C missense_variant
NC_059443.1	83280546	453658	C	G	0,98	0,02	0,00	1,00	zinc finger protein 239-like	ANN=G missense_variant
NC_059443.1	83286538	453683	A	T	0,98	0,02	0,00	1,00	zinc finger protein 670-like	ANN=T missense_variant&
NC_059444.1	68124206	608111	C	A	0,88	0,12	0,00	1,00	volume-regulated anion channel subunit LRRC8D-like	ANN=A missense_variant
NC_059444.1	86273973	640569	A	G	0,95	0,05	0,00	1,00	E3 ubiquitin-protein ligase rnf213-alpha	ANN=G missense_variant
NC_059446.1	2573255	853413	G	A	0,91	0,09	0,05	0,95	neuralized E3 ubiquitin protein ligase 1B [ Homo sapiens (human) ]	ANN=A missense_variant
NC_059446.1	8017282	871812	C	A	0,93	0,07	0,10	0,90	cationic amino acid transporter 2-like	ANN=A missense_variant
NC_059446.1	38453615	933830	G	C	0,81	0,19	0,05	0,95	protocadherin gamma-C5-like	ANN=C missense_variant
NC_059446.1	38457346	933845	G	C	0,93	0,07	0,15	0,85	protocadherin gamma-C5	ANN=C missense_variant
NC_059446.1	52194322	955317	A	G	0,97	0,03	0,20	0,80	trophoblast glycoprotein	ANN=G missense_variant
NC_059447.1	41158430	1097855	G	C	0,97	0,03	0,20	0,80	uncharacterized LOC106607289	ANN=C missense_variant
NC_059447.1	62577530	1128576	G	A	0,78	0,22	0,05	0,95	minichromosome maintenance 9 homologous recombination repair factor	ANN=A missense_variant
NC_059449.1	15539449	1367705	C	T	0,71	0,29	0,00	1,00	sperm-associated antigen 5	ANN=T missense_variant
NC_059449.1	15540094	1367708	C	G	0,93	0,07	0,20	0,80	sperm-associated antigen 5	ANN=G missense_variant
NC_059450.1	77959345	1516377	T	G	0,90	0,10	0,05	0,95	slit homolog 3 protein	ANN=G missense_variant
NC_059453.1	8964948	2075365	T	C	0,17	0,83	1,00	0,00	zinc finger protein 271-like	ANN=C missense_variant
NC_059454.1	96068392	2401875	A	T	0,79	0,21	0,05	0,95	rabphilin 3A homolog (mouse), a [ Danio rerio (zebrafish) ]	ANN=T missense_variant
NC_059456.1	2470279	2636121	G	A	0,95	0,05	0,15	0,85	titin-like	ANN=A missense_variant
NC_059456.1	2470468	2636122	G	T	0,95	0,05	0,15	0,85	titin-like	ANN=T missense_variant
NC_059456.1	25359169	2691255	G	C	0,79	0,21	0,05	0,95	tumor necrosis factor alpha-induced protein 2-like	ANN=C missense_variant
NC_059456.1	29003271	2700079	G	A	0,21	0,79	0,95	0,05	putative GPI-anchored protein pfl2	ANN=A missense_variant
NC_059456.1	55384465	2738634	C	T	0,95	0,05	0,20	0,80	WD repeat and coiled-coil-containing protein-like	ANN=T missense_variant
NC_059456.1	58893399	2744509	C	A	0,12	0,88	0,95	0,05	pre-mRNA-processing factor 17	ANN=A missense_variant
NC_059457.1	26428415	2876369	C	A	0,88	0,12	0,05	0,95	NACHT, LRR and PYD domains-containing protein 12-like	ANN=A missense_variant
NC_059457.1	73523056	2943859	C	T	0,05	0,95	0,90	0,10	TRNAL-CAG transfer RNA leucine (anticodon CAG) [ Abrus precatorius (Ind	ANN=T missense_variant
NC_059457.1	78740444	2950787	C	A	0,88	0,12	0,10	0,90	transmembrane protein 131-like	ANN=A missense_variant
NC_059458.1	51613810	3056792	T	C	0,17	0,83	1,00	0,00	protein-methionine sulfoxide oxidase mical3a	ANN=C missense_variant
NC_059458.1	62379075	3073198	A	T	0,93	0,07	0,15	0,85	uncharacterized LOC106576302	ANN=T missense_variant
NC_059458.1	62379087	3073200	A	G	0,91	0,09	0,15	0,85	uncharacterized LOC106576302	ANN=G missense_variant
NC_059458.1	62379097	3073202	G	A	0,91	0,09	0,15	0,85	uncharacterized LOC106576302	ANN=A missense_variant
NC_059458.1	62379105	3073204	C	T	0,91	0,09	0,15	0,85	uncharacterized LOC106576302	ANN=T missense_variant
NC_059460.1	29143621	3313099	G	C	0,86	0,14	0,05	0,95	general transcription factor II-I repeat domain-containing protein 2-like	ANN=C missense_variant
NC_059461.1	88143126	3556121	T	C	0,90	0,10	0,10	0,90	immunoglobulin superfamily member 10-like	ANN=C missense_variant
NC_059461.1	95481214	3583010	C	A	0,21	0,79	1,00	0,00	contactin 5 [ Homo sapiens (human) ]	ANN=A missense_variant
NC_059462.1	51198311	3677268	T	C	0,10	0,90	0,95	0,05	trace amine-associated receptor 8c-like	ANN=C missense_variant
NC_059467.1	19634242	4147682	C	T	0,86	0,14	0,10	0,90	involucrin-like	ANN=T missense_variant



Была создана панель генетических маркеров, характеризующих отличия наиболее продвинутых пород и линий современной российской и западной селекции от их диких предковых форм. Современные селектированные линии характеризуются такими признаками как высокая продуктивность, скорость роста, высокий кормовой коэффициент, болезне- и стрессоустойчивость. Результатом биоинформационного и системно-биологического анализа нами были составлены панели маркеров (списки SNP-сайтов, частоты аллелей в которых коррелируют с фенотипом) для трех видов аквакультурных рыб – атлантического лосося (семги), радужной форели и карпа. Панели SNP-маркеров, дифференцирующих аквакультурную форму Aquagen от дикой анадромной формы и линию Mowi от предковой анадромной формы насчитывают около 72 тыс полиморфизмов в каждом сравнении.



# ГЕНОТИПИРОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ: переход от ДНК-микрочипов к полногеномному секвенированию с низким покрытием (~1x).

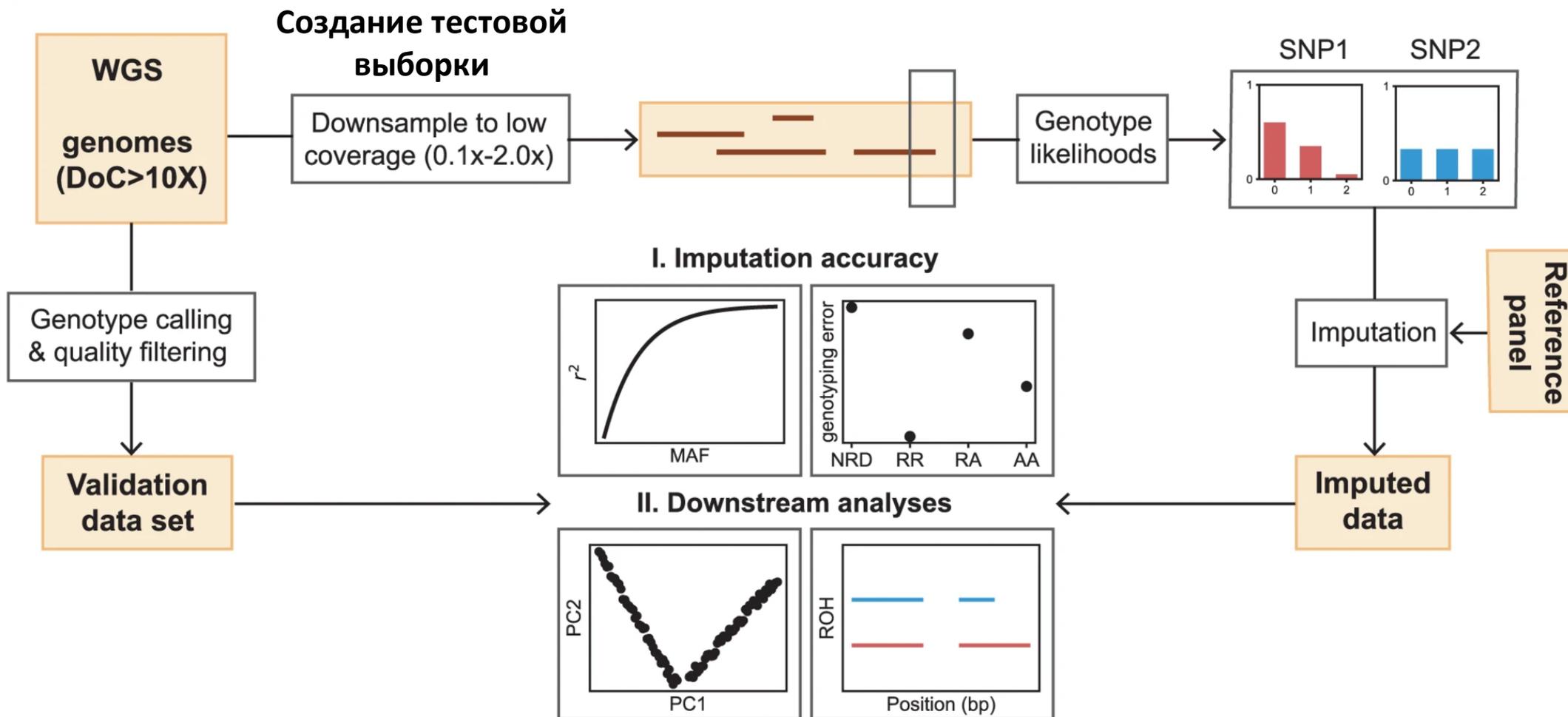


**Импутация** — это процесс присвоение значений отсутствующим данным на основе связанных известных данных. Присвоение генотипа особи в каждом локусе на основе статистического состава генетических вариантов в популяции.

## Low-Pass WGS + Imputation:

- + Большая информативность, нежели стандартные микрочипы
- + Низкая стоимость, чем у глубокого секвенирования и микрочипов

# Импутация генотипов - Модель

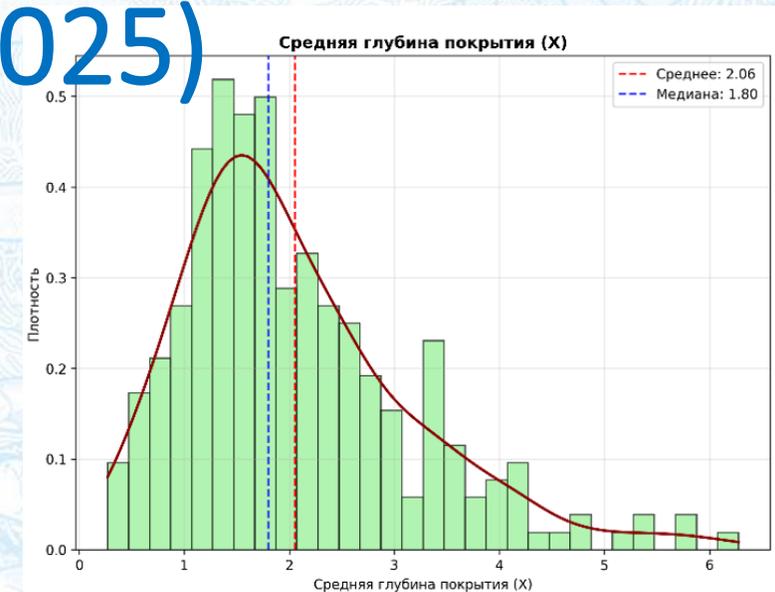


**Цель:** Определение параметров для секвенирования с низким покрытием.

# Результаты первого в России low-pass секвенирования набор AgriHigh Low-pass WGS Package (сентябрь 2025)



- Получены данные геномов 384 рыб
- Среднее количество прочтений на образец составило 39 098 611
- 35 276 784 картированы на референсный геном (USDA\_OmykA\_1.1)
- Среднее значение покрытия составляет 72.65%, Среднее значение по всем образцам составляет 2.29x, медиана - 1.82x
- Референсная база для импутации создана на 635 геномах и содержит 17,037,139 SNP
- Средний INFO\_SCORE (квадрат корреляции между истинным (неизвестным) генотипом и импутированным генотипом), он же Imputation Quality Score, составил 0.993





## Работы выполняются при поддержке трех грантов Минобрнауки:



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1. «Создание панели геномных маркеров высокой продуктивности и болезнеустойчивости как основа для геномной селекции и геномного редактирования при создании новых отечественных пород и линий семги, форели и карпа» Соглашение № № 075-15-2021-1084 2021-2024гг.
2. «Геномная селекция как инструмент интенсификации создания новых отечественных пород и линий лососевых рыб для товарной аквакультуры» Соглашение № № 075-15-2025-479 от «30» мая 2025 г. (2025-2027 гг)
3. «Создание и развитие центра геномной селекции радужной форели на базе ГНЦ РФ ФГБНУ "ВНИРО"» Соглашение № № 075-15-2025-177 от «17» апреля 2025 г. . (2025-2027 гг)

Благодарю  
за внимание!

