



# Оптимизация технологии выращивания холодноводных аквакультур эндемичных байкальских сиговых рыб и их гибридов



Фото Дидоренко С.И.

Глызина О.Ю., Сапожникова Ю.П., Яхненко В.М., Тягун М.Л., Авезова Т.Н., Волкова А.А., Королева А.Г., Глызин Л.А., Кармаданова А.А., Воробьева А.Н., Цивань Д.А., Сидорова Т.В., Черезова В.М., Оборина Е.А., Адамович С.Н., Смирнов В.В., Суханова Л.В.

ФГБУН ЛИИ СО РАН, г.Иркутск,  
ФГБУН ИрЦХ СО РАН, г.Иркутск  
ФГБУН БМ СО РАН, п.Листвянка



<http://lin.irk.ru/aqua>  
[glyzina@lin.irk.ru](mailto:glyzina@lin.irk.ru)

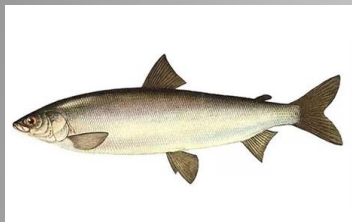
# Промысловые рыбы озера Байкал

Из 52 видов рыб к числу промысловых относятся омуль, сиг, хариус, ленок, таймень, осетр, налим, окунь, щука, плотва, елец, язь, карась, желтокрылый и длиннокрылый бычки и акклиматизированные в Байкале амурский сом, амурский сазан и лещ. А вылавливается в промысловых целях всего 12—13 видов, в том числе 7—8 малоценных пород рыб: плотва, щука, окунь, елец, язь, карась, бычки и др. *Омуль - основной промысловый вид- объем промышленного лова - более 50%*. Начиная с 1960-х годов роль рыбного хозяйства в экономике региона непрерывно снижается с 7,3 тыс. тонн до 2,5 тыс. тонн в 2010 г. и до 500 тонн в 2017 году.

Строение рта	Нижний рот		Верхний рот
Форма тела	Веретенообразное		Спинальная
Чешуя	Плотно сидящая	Слабо сидящая	Мелкая, слабо сидящая
Глубина обитания	20-50 м	30-300 м	100-400 м
Способ питания	Бентофаги (зоопланктон): моллюски - энхиридии, макрофитофаги, детрит, инфузории, водоросли - зоопланктон: моллюски, гаммариды, моллюски-бичевики		Планктофаги (зоопланктон): макрофитофаги, моллюски-бичевики и зоопланктон
Нерест	Нерестится в реках: приток озера - р. Баргузин и в Байкале, сентябрь - октябрь	В Байкале: озера, притоки и мелководная озера, май-июнь-август	Нерестится в реках: приток озера, мелководная озера озера Байкал, конец сентября - май
Размеры тела	160-170 дней	160-170 дней	200-220 дней

**Класс костные рыбы – Osteichthyes**  
**Отряд лососеобразные - Salmoniformes**  
**Семейство сиговые - Coregonidae**  
**Род сига - Coregonus (Lacépède 1804)**

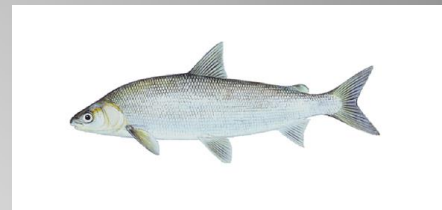
## СИГОВЫЕ озера Байкал



**БАЙКАЛЬСКИЙ ОМУЛЬ**  
*C. autumnalis migratorius*



**ОЗЁРНЫЙ СИГ**  
*C. lavaretus baicalensis*



**ОЗЁРНО-РЕЧНОЙ СИГ (ПЫЖЬЯН)**  
*Coregonus lavaretus pidschian*

**Гибриды**



В настоящее время в ПАК содержатся все виды байкальских сиговых рыб.

**Цель: Получение устойчивой аквакультуры байкальских сиговых рыб и их гибридов в мини-установках замкнутого водоснабжения.**

- **Задачи:**

- - оценить возможности разведения и содержания байкальских сиговых рыб и их гибридов в мини-установках замкнутого водоснабжения на основе водопроводной воды;
- - выявить наиболее стрессоустойчивые и перспективные виды и их гибридные формы для получения товарных аквакультур;
- - разработать методы оценки аквакультур, в частности при разведении и выращивании пресноводных рыб в установках замкнутого водоснабжения.



# Холодноводная УНУ «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПРЕСНОВОДНЫЙ АКВАРИУМНЫЙ КОМПЛЕКС БАЙКАЛЬСКИХ ГИДРОБИОНТОВ» (УНУ ПАК ЛИН СО РАН) г.Иркутск

п.Листвянка





# УНУ ПАК ЛИН СО РАН



Аппарат УЗИ



Мини-УЗВ №1 и 2



ЩИТ  
управления-  
измеритель  
параметров и  
управление  
системой  
день/ночь



Анализатор для  
гидрохимических  
исследований



## Условия содержания сиговых в водопроводной воде г.Иркутска при содержании кислорода 10-14 мг/л

Места взятия проб воды для анализа	Состав воды: содержание некоторых ионов в холодной водопроводной воде (мг/л)					Жесткость
	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe Общ.	
при входе в здание	0,00 4	0,03	2,99	0,26	0,08	1,04
аква-комплекс общий	0,00 4	0,03	3,01	0,25	0,1	1,05
до системы очистки	0,00 7	0,07	3,01	0,25	0,22	1,04
после системы очистки	0,00 3	0,01	3,00	0,17	0,08	1,04
<b>ПДК</b>						
	3	2	20-40	45	0,3	7-10



Комбикорм Гранулы Supreme-22, олигохеты почвенные, дафнии, калифорнийские черви, циклопы, личинки артемий (науплиусы)

### Выращивание «живого корма» на базе ПАК



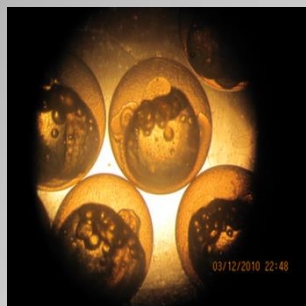


# Чистые аквакультуры, гибриды F1 и F2, беккроссы

озерного сига , озёрно-речного сига (пыжьяна ), байкальского омуля, пеляди, тугуна.

## Например, F1:

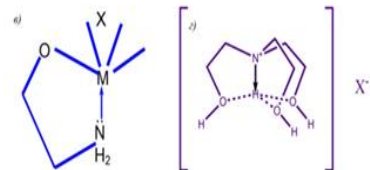
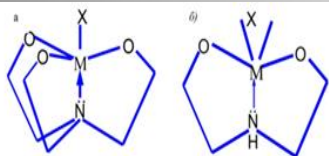
- 1) Самка омуль x самец омуль.
- 2) Самка сиг озерный x самец сиг озерный.
- 3) Самец озёрно-речной сиг (пыжьян) x озёрно-речной сиг (пыжьян).
- 4) Самка сиг озёрно-речной сиг (пыжьян) x самец омуль .
- 5) Самка сиг озерный x самец омуль.
- 6) Самка сиг озёрно-речной сиг (пыжьян) x самец сиг озёрный.



Особи, отловленные для гибридизации в Чивыркуйском заливе оз.Байкал на путях нерестовых миграций: вверху -*C. migratorius* Georgi; внизу – *C. baicalensis* Dybovski.

# Выживаемость эмбрионов сига - пыжьяна при использовании протатранов 1 и 2 с концентрацией 0,0001%.

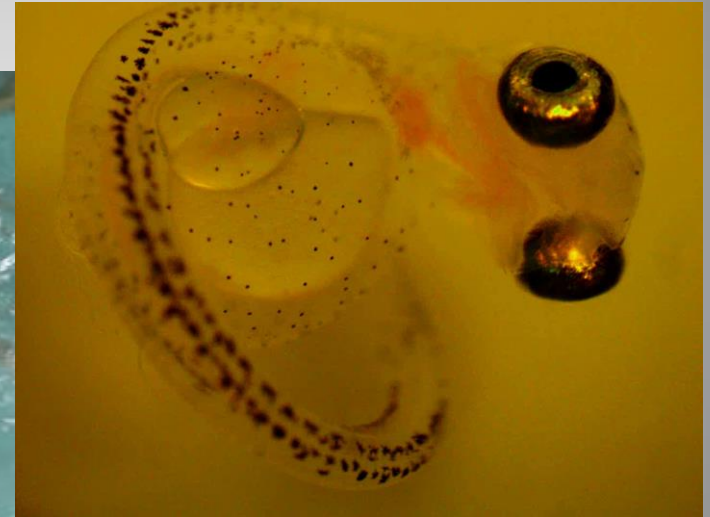
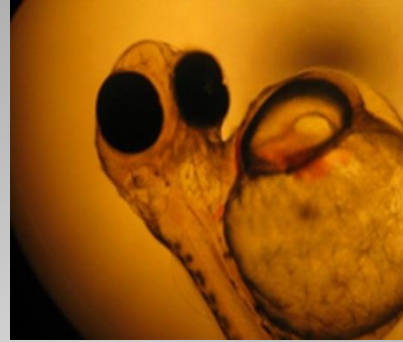
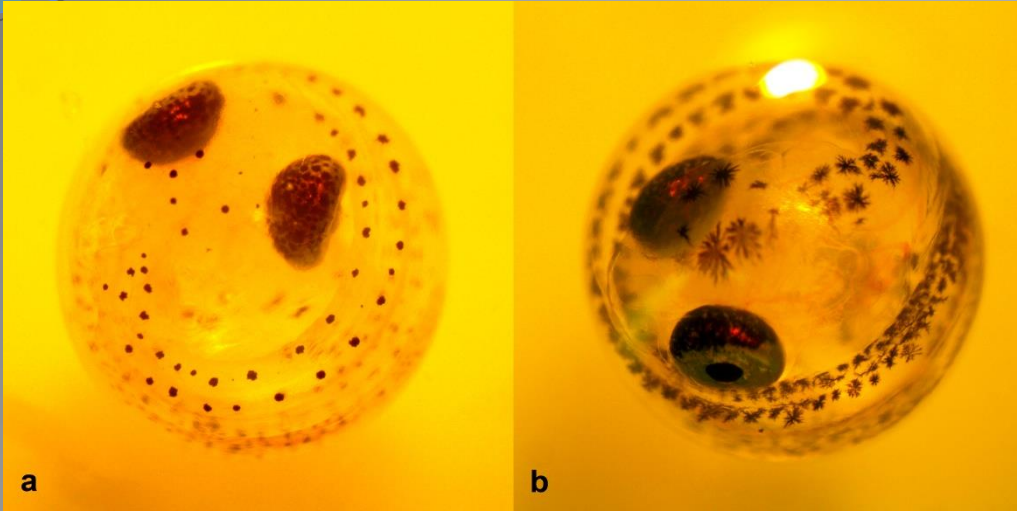
Условия содержания	Количество икринок байкальского озерно-речного сига (пыжьяна) при продолжительности инкубации											
	Без стимулятора				Протатран 1				Протатран 2			
	5 сут	40 сут	70 сут	% выживаемости	5 сут	40 сут	70 сут	% выживаемости	5 сут	40 сут	60*	% выживаемости
		500	472	398	79,6	500	490	490	98,0	500	498	495



Использование "протатранов" позволяет:- устранить неблагоприятные факторы (например, развитие сапролегнии и/или неблагоприятной микрофлоры, ведущих к гибели всей партии) при инкубации небольших количеств икры;  
 - увеличить скорость выклева (сократить время инкубации) и выживаемость эмбрионов рыб; повысить иммунитет эмбрионов.

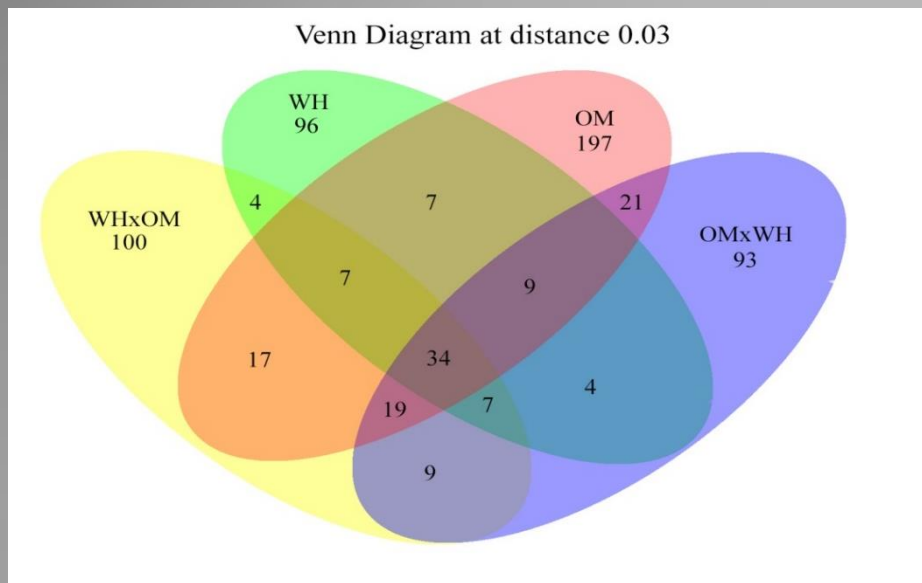


# Развитие аквакультуры негибридных и гибридных (гибриды F1 и F2, беккроссы) форм сиговых рыб.



# Кишечная микробиота в онтогенезе симпатрических пар сиговых рыб и их F1 гибридов

OM-омуль; WH-сиг; WH×OM-F1 самка сиг×самец омуль;  
OM×WH-F1 самка омуль×самец сиг



Для анализа становление кишечной микробиоты в онтогенезе симпатрических пар сиговых рыб и их F1 гибридов использовали метод высокопроизводительного секвенирования на платформе Illumina.

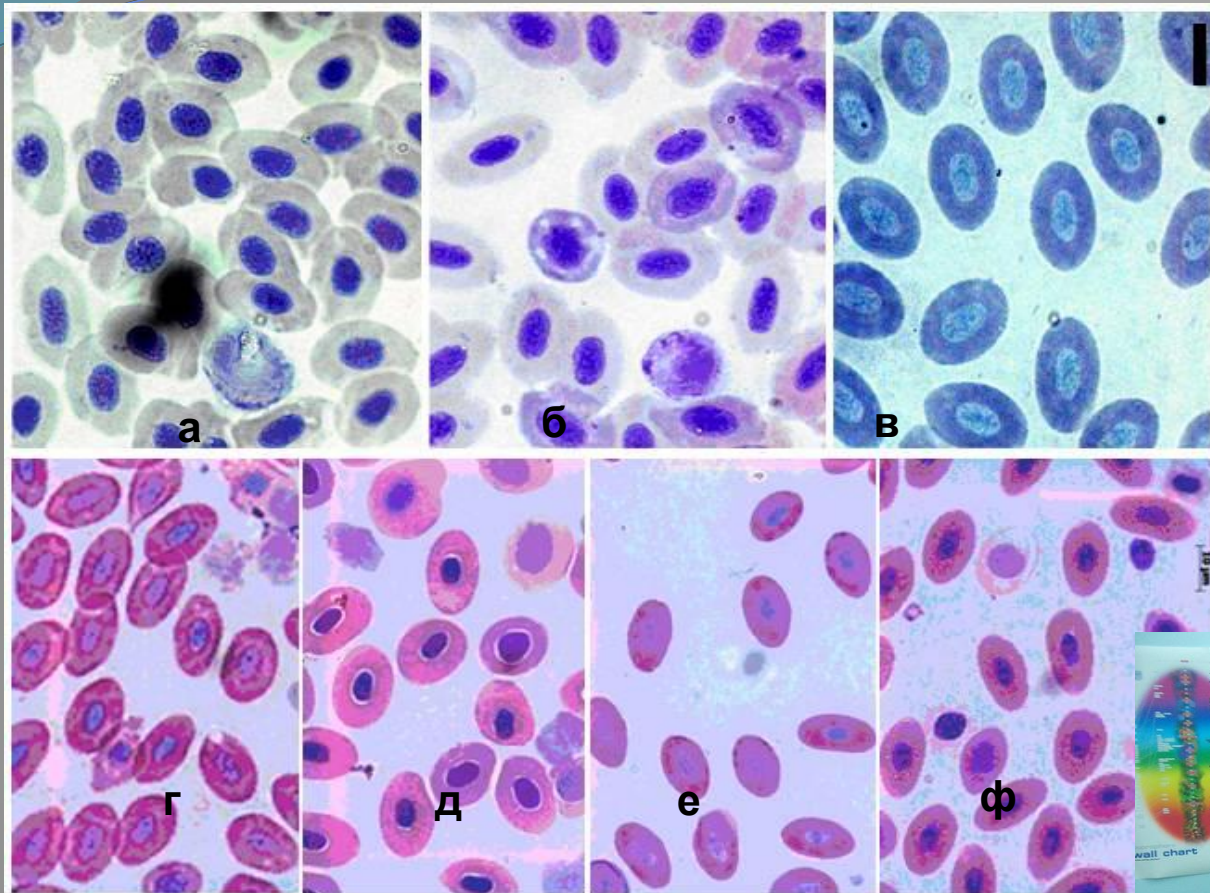
Анализ *Coregonus migratorius*, *Coregonus baicalensis* их гибридов показал, что на уровне как крупных таксонов (фил), так и филотипов существует так называемый кластер основных (core) групп, который представлен у всех рыб филлами Proteobacteria, Bacteroidetes, Actinobacteria и Firmicutes, и вариативный кластер, включающий большое разнообразие минорных филотипов, отнесенных к филлам Spirochaetes, Deinococcus-Thermus, Fusobacteria, Chlamydiae, Verrucomicrobia, Chloroflexi, Synergistetes, Acidobacteria и Candidatus Saccharibacteria.

Оценка индексов разнообразия, построение UPGMA дендрограмм, многофакторный анализ позволили установить, что наследственность влияет на структуру кишечного микробиома рыб. Так, для омуля получено максимальное разнообразие филотипов, для сига – наименьшее, а гибриды заняли промежуточное положение, причем гибрид ♀ *C. migratorius* × ♂ *C. baicalensis* оказался ближе к омулю, чем к сигу.





# Исследование особенностей состава и структуры клеток крови



Эритроциты природных сигов имеют на 20-30% более обогащенный пул функционально активных митохондрий. Уменьшения количества и изменения структуры митохондрий в цитоплазме эритроцитов свидетельствуют о том, что эритроциты рыб, обитающих в естественной среде, обогащенной кислородом и привычным кормом, имеет более высокие показатели метаболизма, в отличие от рыб в условиях ПАК.

- а - сиг озерно-речной (пыжьян)
- б - омуль прибрежный
- в - сиг озерный
- г - F1 сиг оз самец\*омуль самка
- д - F1 сиг оз самка\*омульсамец
- е - омуль
- ф - сиг озерный

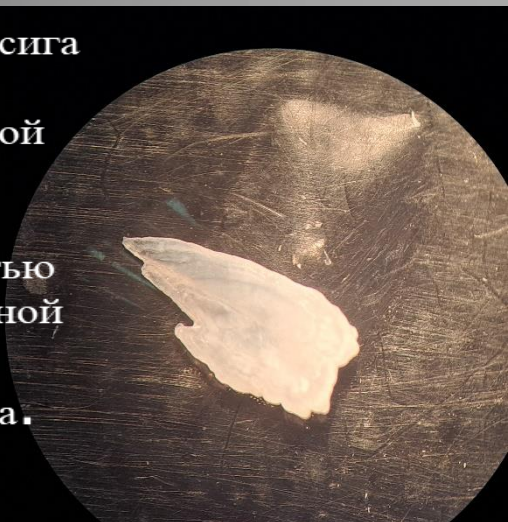


Лазерный сканирующий микроскоп LSM 710

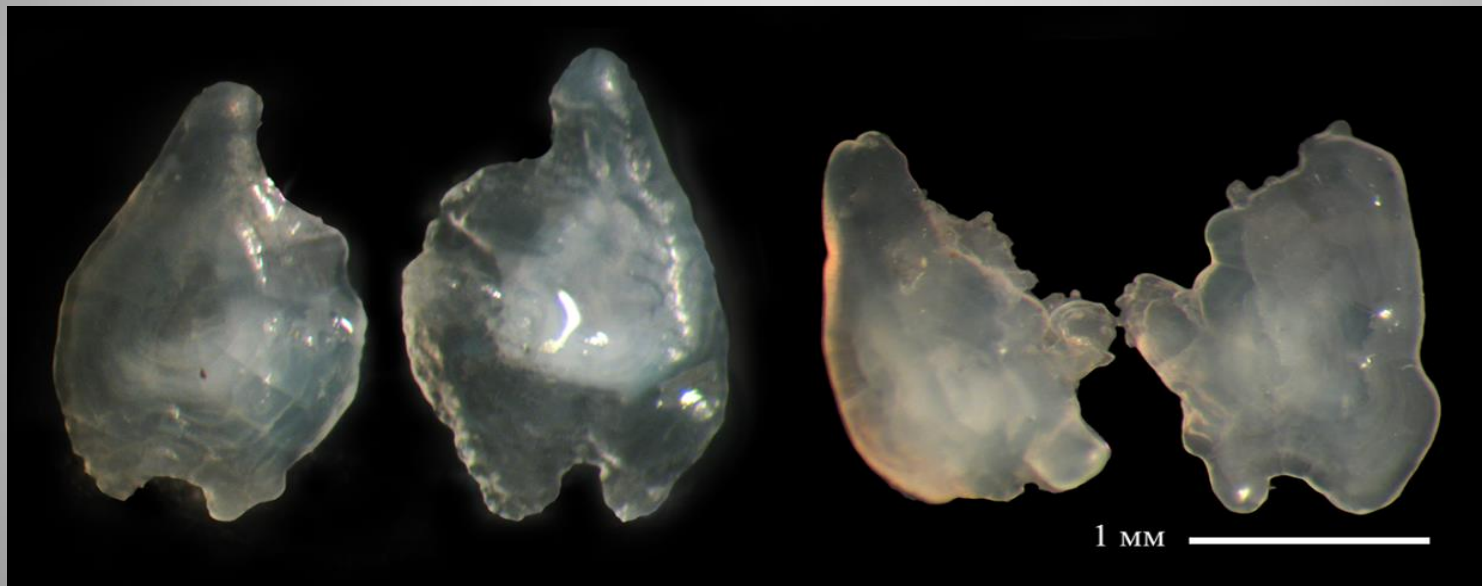
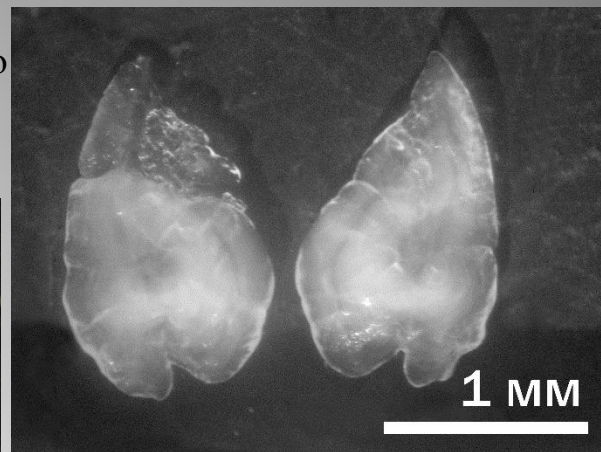


# Отолиты гибрида F1 при различных температурах содержания

Отолит сига  
на  
мальковой  
стадии  
Отолит  
полностью  
ватеритной  
морфы  
кальцита.



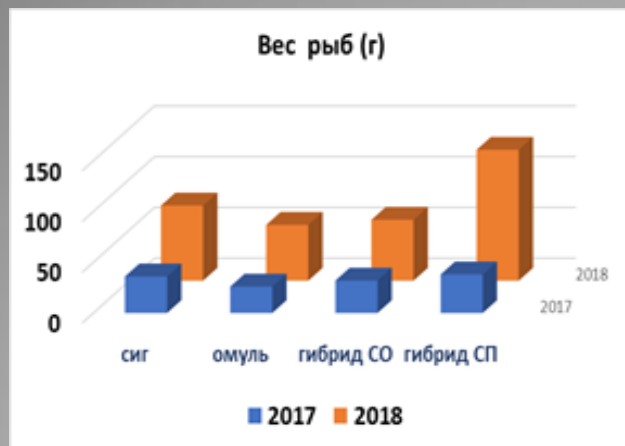
Аберрантные отолиты  
нативного байкальского  
омуля посольской  
популяции



в водопроводной воде при +10 С

в водопроводной воде при +18 С

# Результаты морфологических исследований

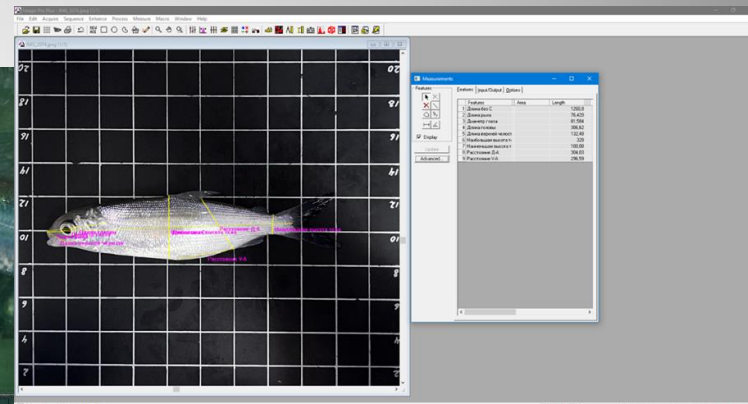


А



Б

Весовые (А) и линейные показатели (Б) рыб (возраст 2 года, выклев март 2016 г.); СО - сиг байкальский × омуль байкальский; СП - сиг байкальский × сиг — ПЫЖЬЯН.



Гибриды байкальских сиговых рыб, выросшие на базе УНУ ПАК, возраст 2 года.

Обработка данных проводилась в программе Image Pro Plus 6.0

# Результаты исследований сеголеток F1

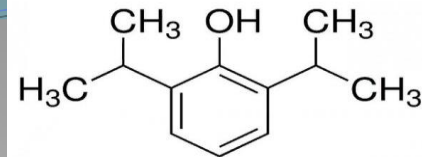


СИГ-ПЫЖЬЯН

x

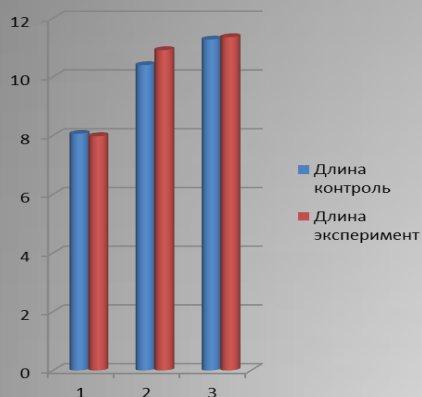


СИГ ОЗЁРНЫЙ

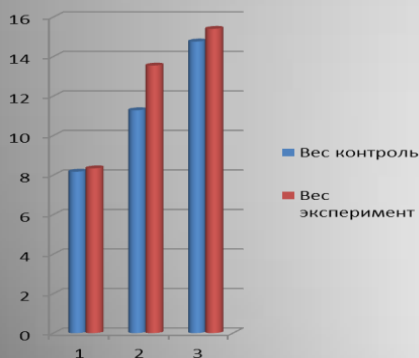


LabTime®

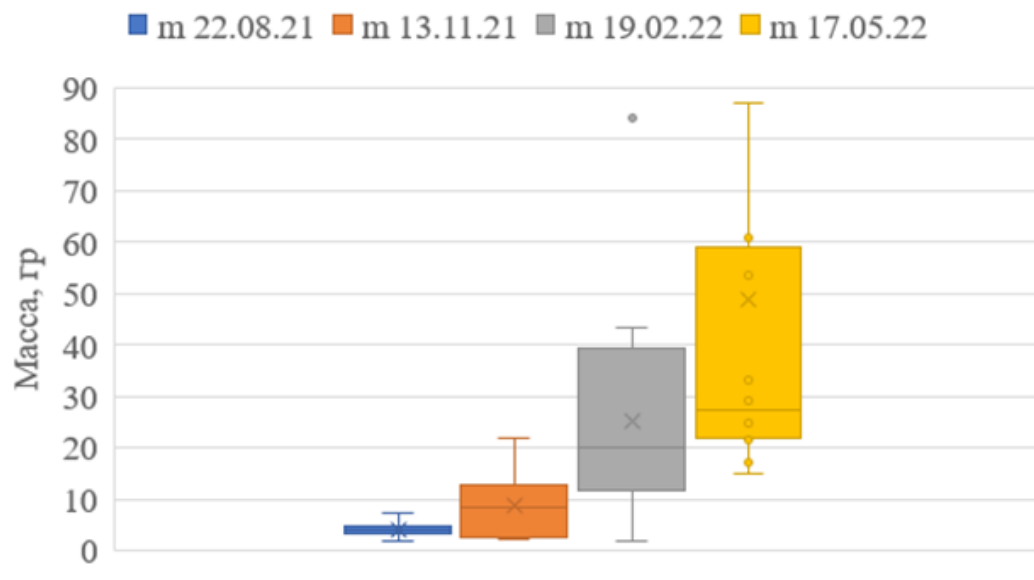
## Длина рыб, см



## Вес рыб, г



## Масса гибридов II группы



Рыб анестезировал и раствором пропофола (Пропофол Каби 20 мг/мл - быстросействующий внутривенный анестетик

Добавка в корм водного раствора протатрана с концентрацией 0,0001% ускоряет темп роста по весу на 4%, с концентрацией 0,01% - на 21% (СР-2) за три месяца;

добавка в корм водного раствора протатрана с концентрацией 0,0001% ускоряет темп роста по длине тела на 2%, с концентрацией 0,01% - на 12% (СР-2) за три месяца;



# Биомаркеры пищевой ценности

## - липиды и эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты

Липидный статус имеет особую ценность- дает более точную оценку состояния здоровья рыб. В пуле ЖК всех образцов тканей сиговых, обитающих в байкальской воде при температуре + 4гр.С (белые мышцы рыб и комбикорм, % от сухой массы) преобладают незаменимые ПНЖК, в том числе 20:5n3 и 22:6n3. При содержании рыб в водопроводной воде при температуре более + 18гр.С эти показатели снижены в 1,5 - 2 раза. является адаптационным механизмом к смене температурного режима

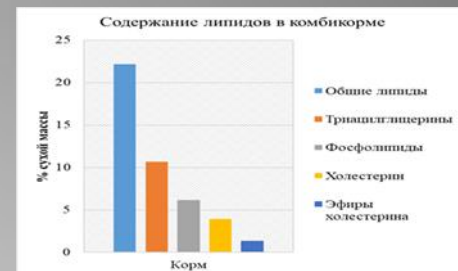
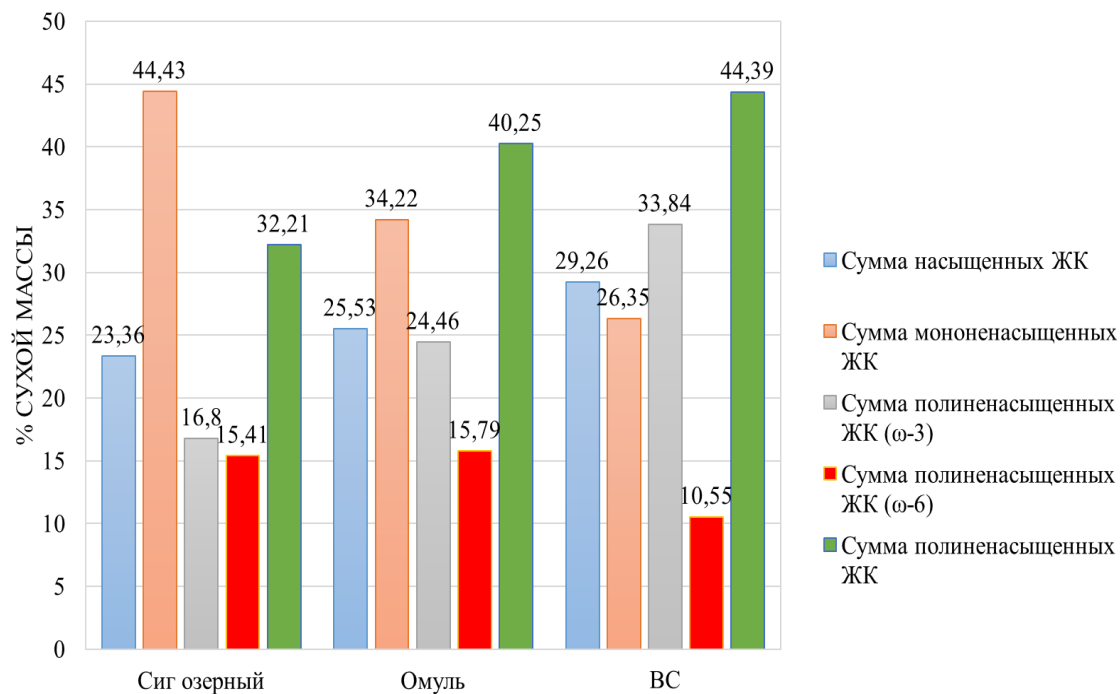
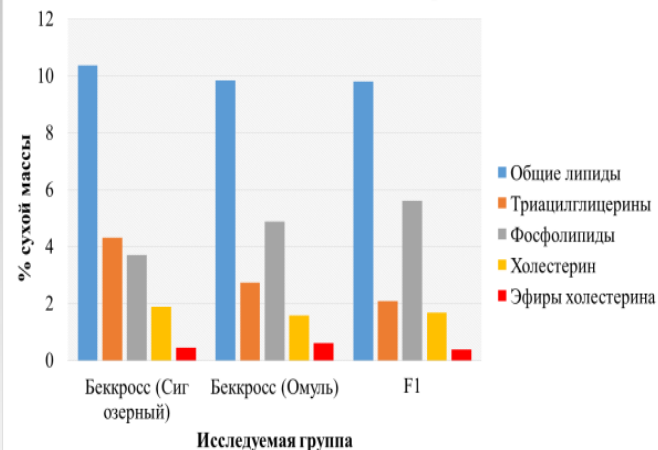


Диаграмма по общей сумме жирных кислот в мышцах рыб



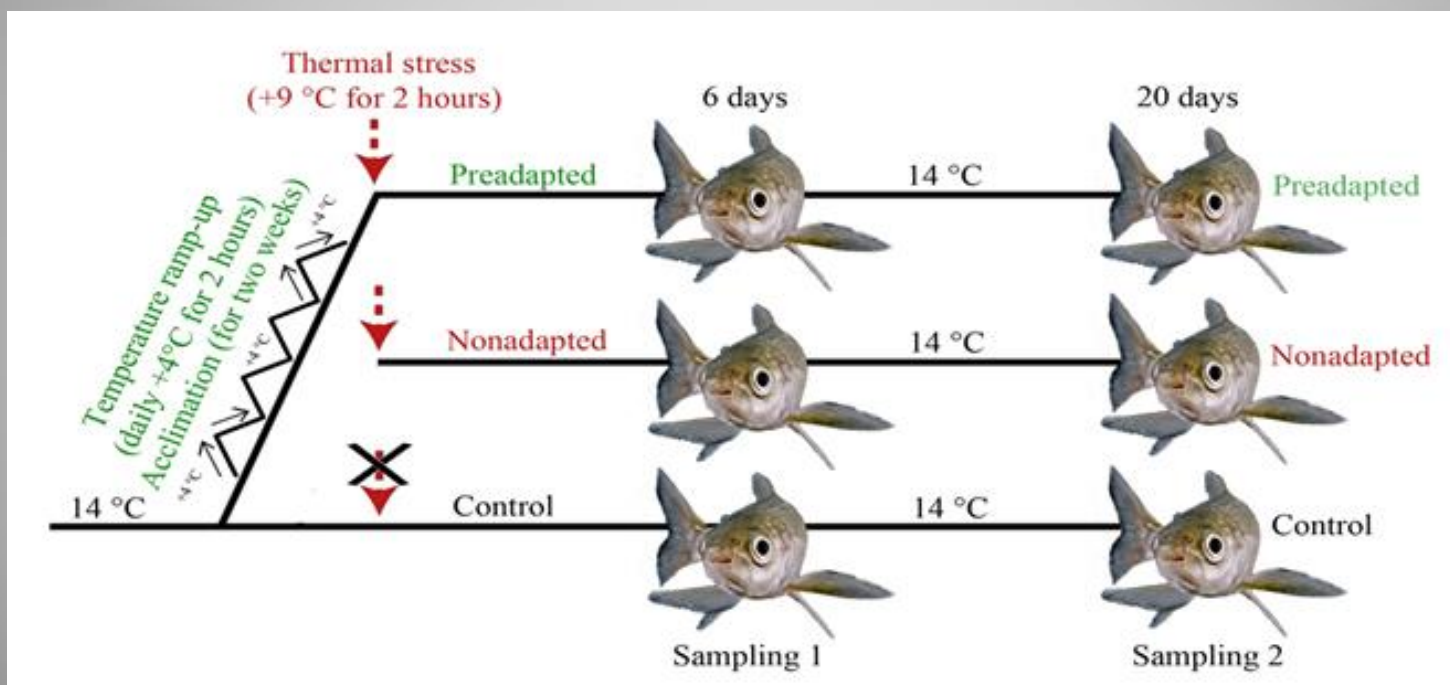
ИССЛЕДУЕМЫЕ ОБЪЕКТЫ

Липидный состав мышц рыб



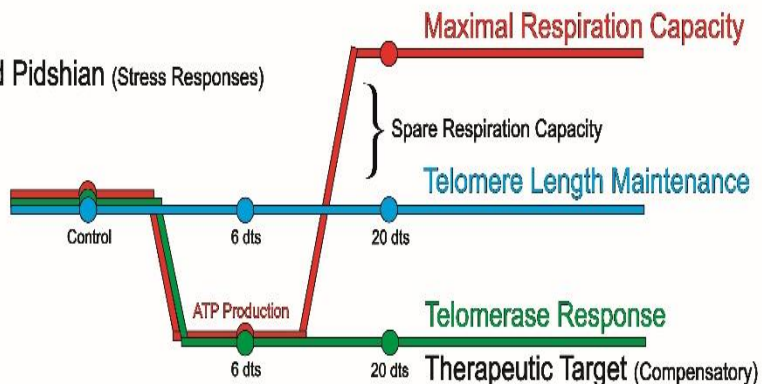
Хромато-масс-спектрометр Agilent 7890/5975 (ГХ-МС)

# Биомаркеры температурного стресса и показатели благополучия сиговых рыб в условиях аквакультуры



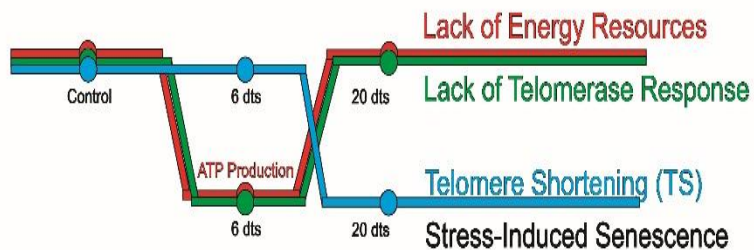
# Биомаркеры температурного стресса и показатели благополучия сиговых рыб в условиях аквакультуры

Nonadapted Pidshian (Stress Responses)

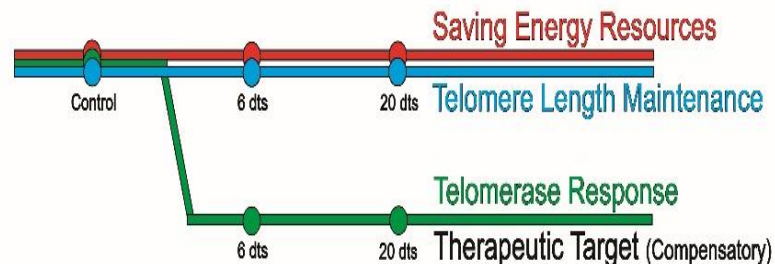


— Level of Functionally Active Mitochondria  
— Telomerase Activity  
— Telomere Length  
 dts Days after Thermal Stress

Nonadapted Hybrids (Stress Responses)

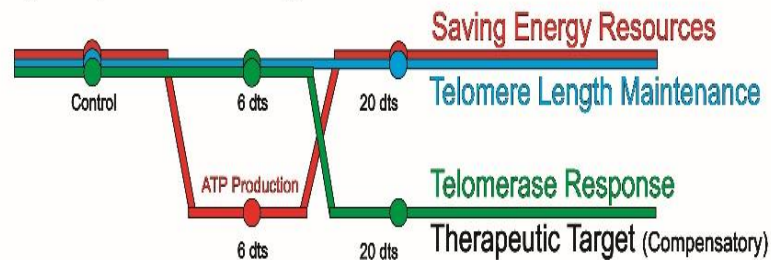


Preadapted Pidshian (Thermal Preconditioning)



— Level of Functionally Active Mitochondria  
— Telomerase Activity  
— Telomere Length  
 dts Days after Thermal Stress

Preadapted Hybrids (Thermal Preconditioning)





## ВЫВОДЫ:

- ✓ механизм действия протатранов сложен и до конца не определен, а микродозы протатранов, добавляемые в корм, снижают частоту заболеваний и повышают выживаемость аквакультуры на 4,5%;
- ✓ сиг-пыжьян и гибрид первого поколения байкальских сиговых рыб (сиг байкальский × сиг – пыжьян) может быть быстрорастущим и устойчивым в условиях его содержания в установках замкнутого водоснабжения;
- ✓ уровень липидных компонентов в исследованном корме можно охарактеризовать как достаточный для нормального роста и развития рыб ( выявлено качественно одинаковое содержание общих липидов во всех исследованных группах гибридов байкальских сиговых рыб), а уровень триацилглицеринов и эссенциальных жирных кислот преобладал в мышцах беккрасса-сига, по сравнению с беккроссом-омулем и гибридом F1;
- ✓ теломеразный и теломерный ответы на температурный стресс демонстрируют 'большую стабильность сига Исаченко, что, вероятно, связано с широким диапазоном температуры в его естественной среде обитания. Температурная преадаптация рыб, в свою очередь, может играть превентивную роль в развитии стрессоустойчивой аквакультуры рыб;
- ✓ регулярный прижизненный мониторинг биологических показателей позволяет контролировать стабильность и темпы развития аквакультур рыб



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**