

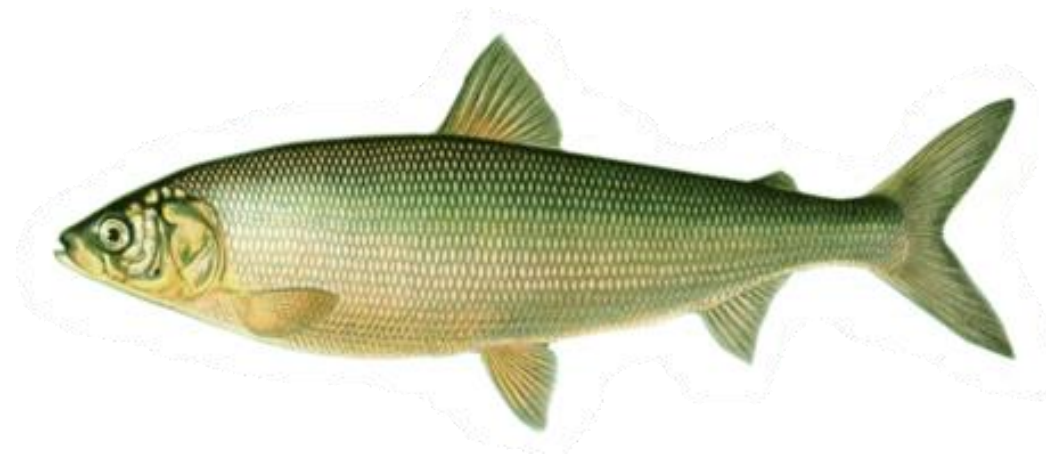


Исследование влияния температурной адаптации на иммунные и стрессовые реакции байкальского сига (*Coregonus baikalensis*) с использованием транскриптомного анализа

Докладчик: Епифанцев Александр Алексеевич
Бакалавр 4 года обучения биолого-почвенного факультета
Иркутского государственного университета

А. А. Епифанцев, Е. А. Вахтеева, А. Г. Королева, Т. В. Сидорова, С. А. Потапов, Л. В. Суханова, О. Ю. Глызина, В. М. Черезова, Ю. П. Сапожникова

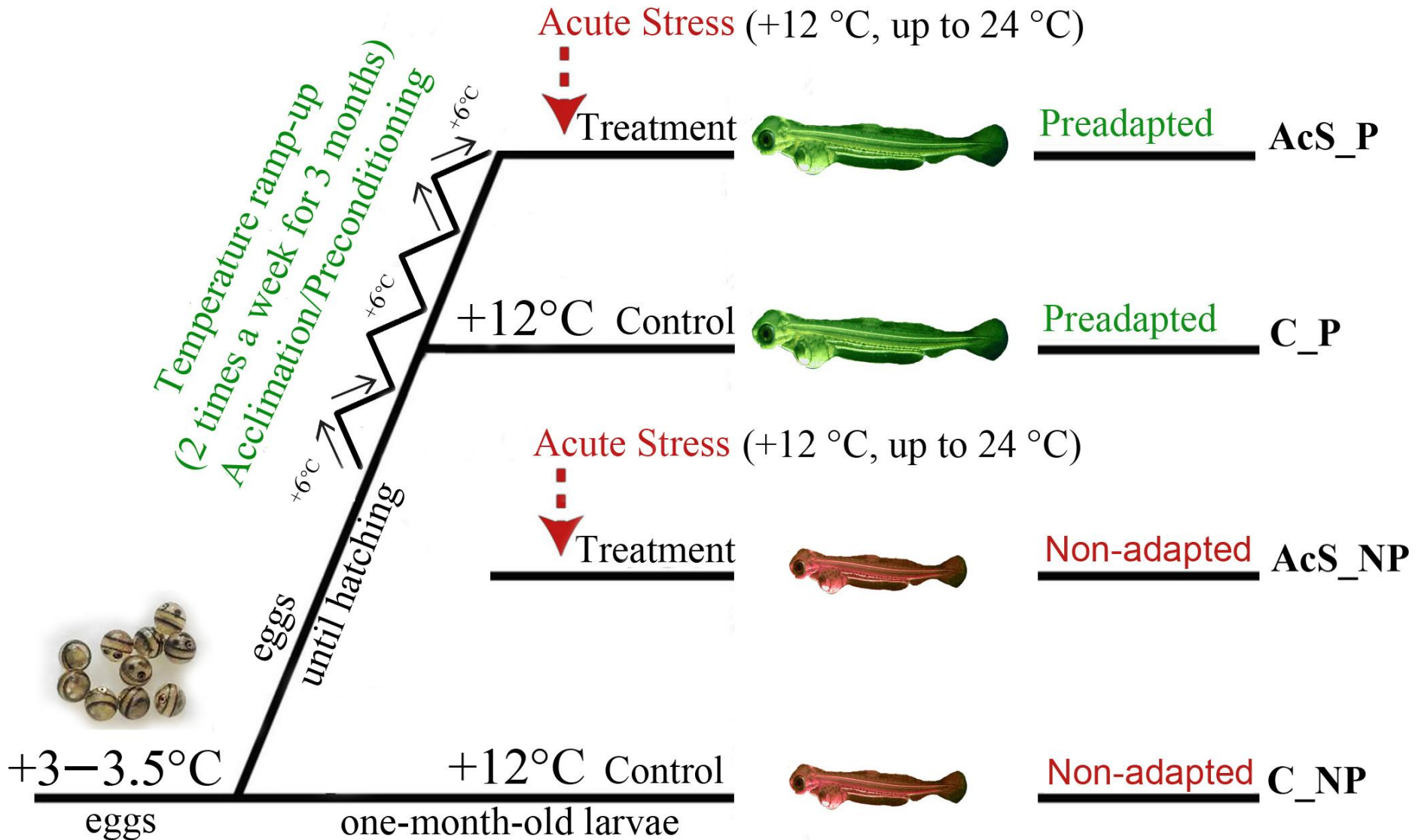
▪ **Модельный объект:** Байкальский сиг (*Coregonus baicalensis*), социально-экономически значимый вид Байкальского региона



▪ **Объект исследования:** 53 особи байкальского сига, инкубированных в аквакультуре.

▪ **Цель исследования:** изучение влияния тепловой преадаптации икры и последующего острого теплового стресса на транскрипционные изменения у личинок термочувствительного байкальского сига.

Схема эксперимента:



Экспериментальное проектирование

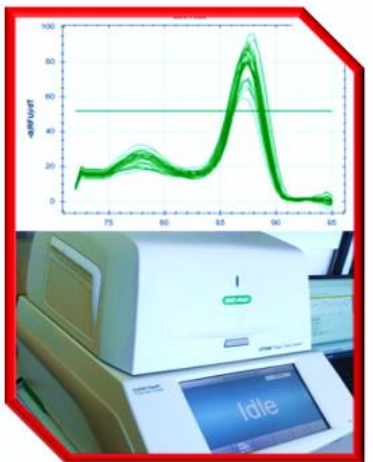
- Выбор модельного вида (*Coregonus baikalensis*).
- Условия обработки и методы сбора образца.



Материалы и методы

Валидация транскриптомных данных

- Проверка транскриптома на трех генах:
 - HSP-47
 - HSP-70
 - HVB
- Методом qPCR
- $\Delta\Delta Ct$



- Выделение и изоляция РНК
- Проверка чистоты и качества РНК
- Синтез кДНК
- Подготовка библиотеки RNA-seq (протокол MGIEasy RNAseq)
- Определение концентрации
- ПЦР



Подготовка библиотек RNA-seq

Секвенирование

Обработка данных

Результаты:

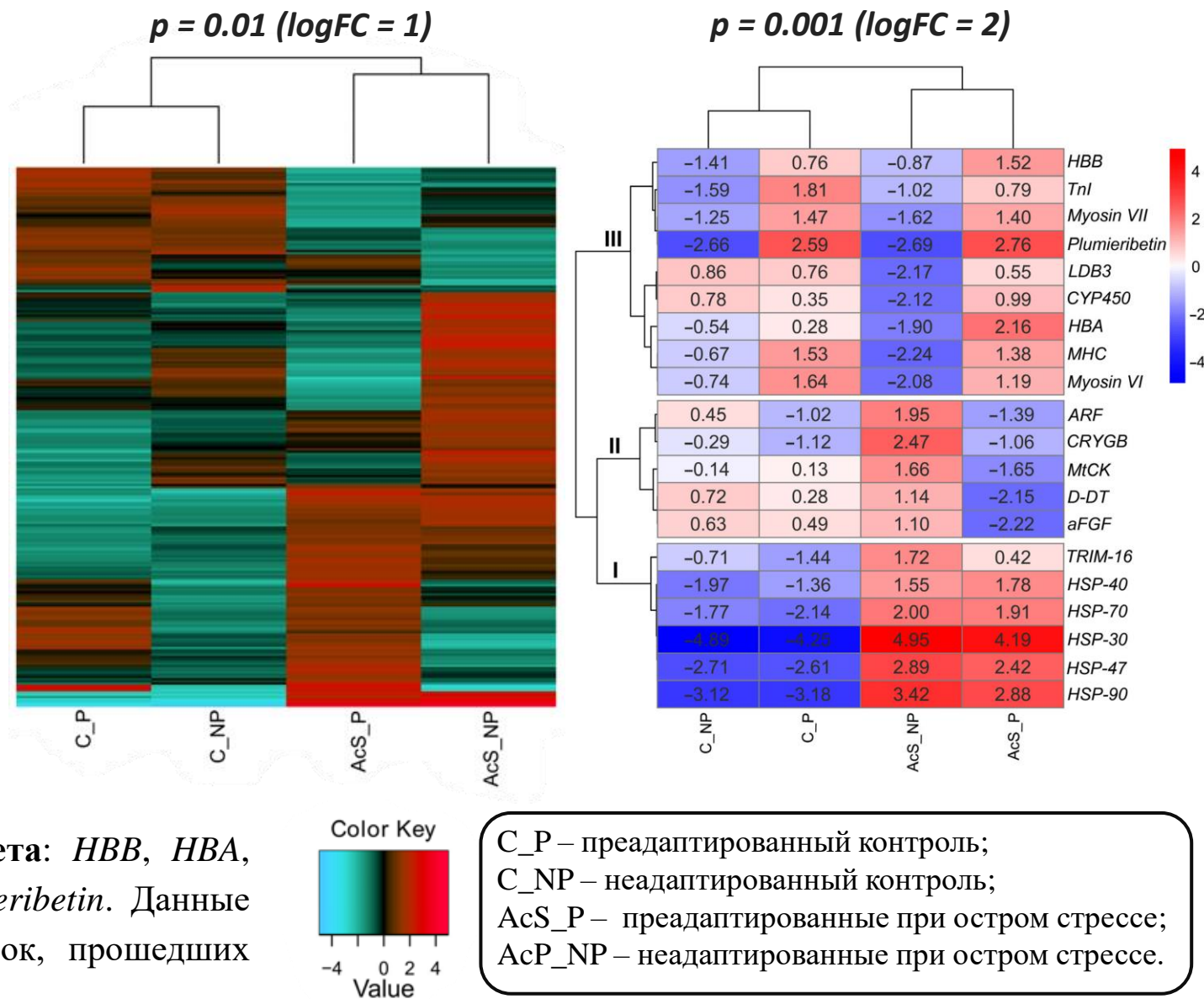
Кластеризация генов с наиболее высокой экспрессией (топ-20; $p = 0.001$; $\logFC = 2$) показала разделение дифференциально экспрессируемых генов (ДЭГ) на три группы:

I. Гены стресса и сигнализации: гены белков теплового шока *HSP* (*HSP-30*, *HSP-40*, *HSP-47*, *HSP-70*, *HSP-90*) и *TRIM16*. Эти гены активировались у всех особей в ответ на острый стресс, независимо от предварительной адаптации.

II. Гены регуляции метаболизма: *MtCK*, *ARF*, *aFGF*, *D-DT*, *CRYGB*. Их экспрессия увеличивалась у неадаптированных личинок после острого стресса.

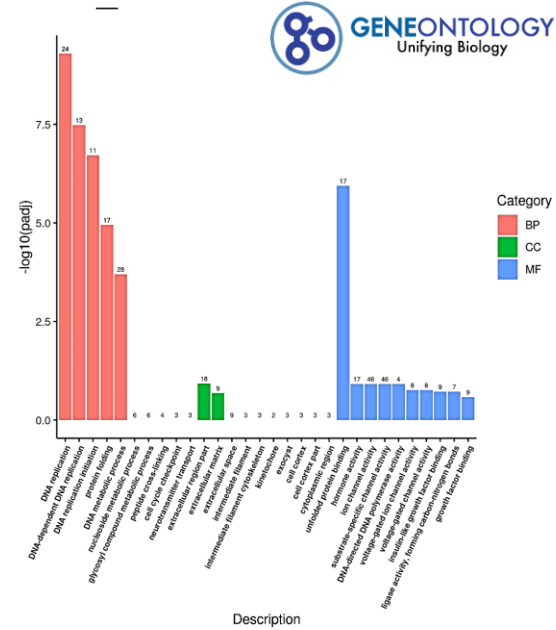
III. Гены кислородного обмена, роста и иммунитета: *HBB*, *HBA*, *MHC*, *CYP450*, *TnI*, *Myosin VI*, *Myosin VII*, *Plumieribetin*. Данные гены активировались преимущественно у личинок, прошедших температурную адаптацию на стадии икры.

Кластеризация ДЭГ по группам на основе корреляции Пирсона

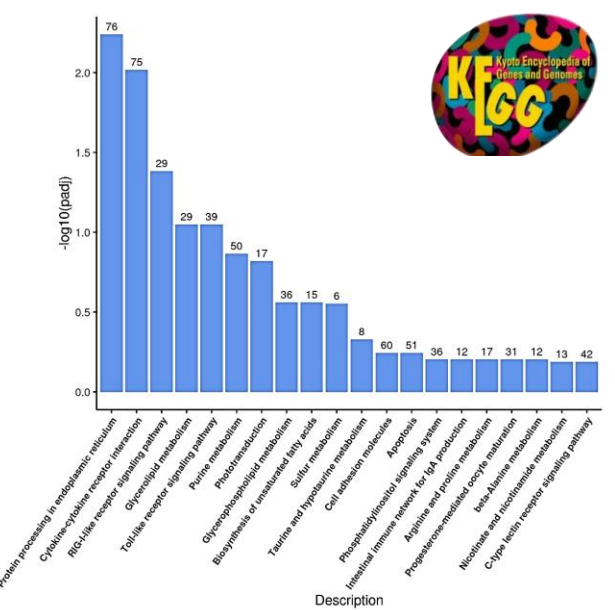
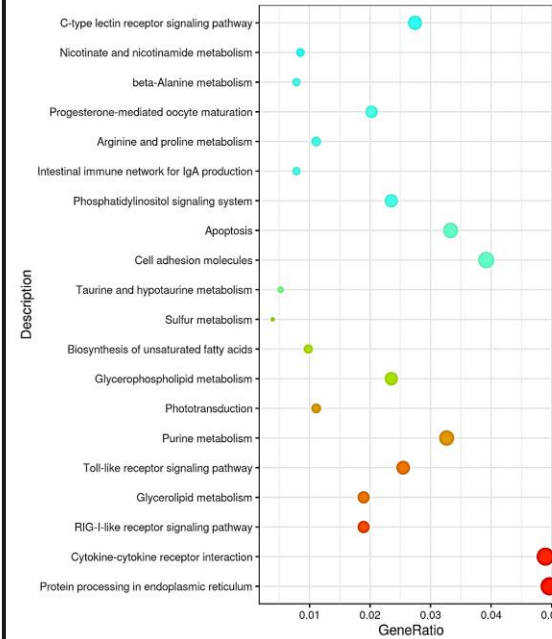
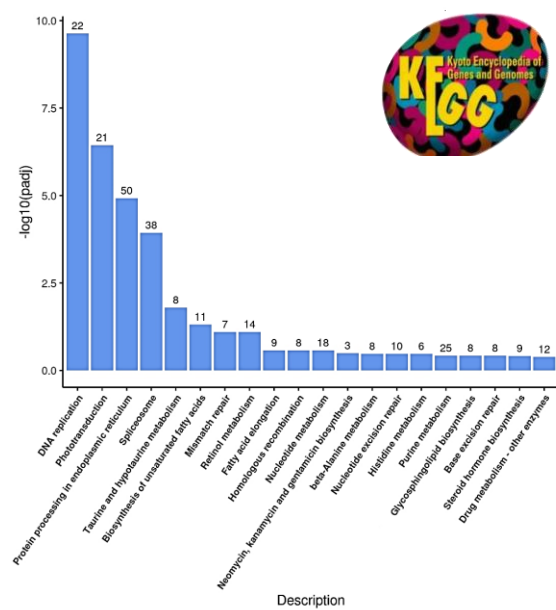
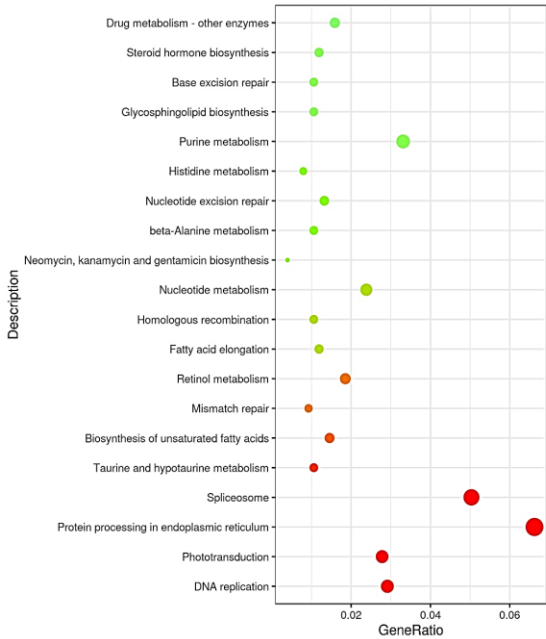
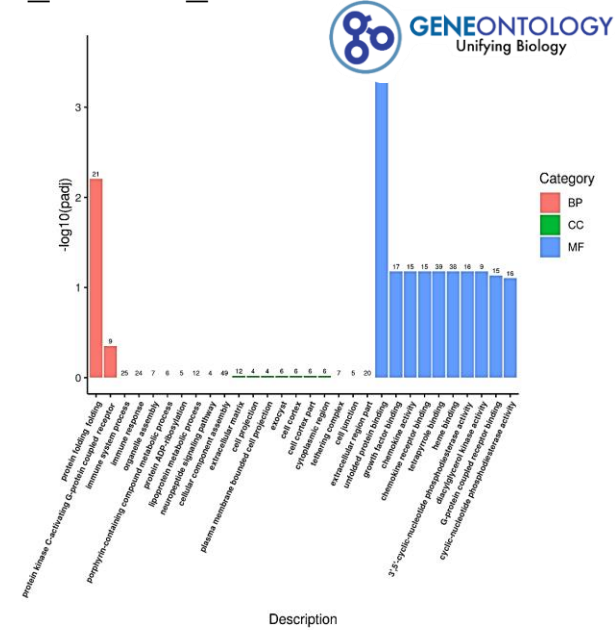
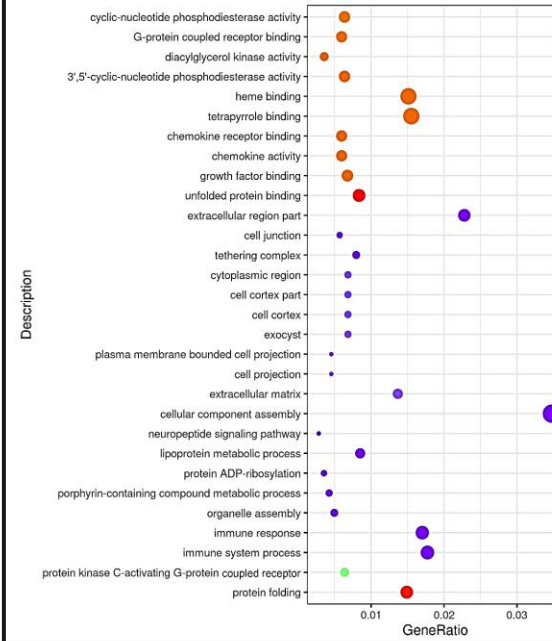


Анализ обогащения генов GO и KEGG

Сравнение C_NP и AcS_NP



Сравнение C_P и AcS_P



Выводы:

Термическая преадаптация на ранних стадиях развития **способствует повышению стрессоустойчивости и улучшению иммунного ответа** молоди байкальского сига, что, вероятно, связано с эффектом **гормезиса** — мягкого стресса, вызывающего адаптивные реакции.

Выявленные гены, такие как *HSP-30*, *HSP-40*, *HSP-47*, *HSP-70*, *HSP-90*, *TRIM-16*, *LDB3*, *CYP450*, *CRYGB*, *MtCK*, *aFGF*, *ARF* и *D-DT*, наиболее перспективны для дальнейшего изучения теплового стресса, профилактики и управления стрессом у рыб.

Дальнейшие исследования должны включать интеграцию транскриптомики, эпигеномики и протеомики для глубокого понимания и изучения адаптации рыб к изменяющимся условиям среды, особенно в условиях климатических изменений.

Исследование выполнено на базе УНУ «Экспериментальный пресноводный аквариумный комплекс байкальских гидробионтов» в ЛИН СО РАН при поддержке РФФ, № 23-24-00644.



Первоисточник: Sapozhnikova, Y.P.; Koroleva, A.G.; Sidorova, T.V.; Potapov, S.A.; Epifantsev, A.A.; Vakhteeva, E.A.; Tolstikova, L.I.; Glyzina, O.Y.; Yakhnenko, V.M.; Cherezova, V.M.; et al. Transcriptional Rearrangements Associated with Thermal Stress and Preadaptation in Baikal Whitefish (*Coregonus baicalensis*). *Animals* **2024**, *14*, 3077. <https://doi.org/10.3390/ani14213077>