

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Н. С. Шульгиной "Активность ферментов энергетического обмена и уровень экспрессии генов, регулирующих мышечный рост, у молоди атлантического лосося (*Salmo salar* L.) в условиях искусственного воспроизводства при влиянии разных режимов освещения", представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности  
1.5.4. – Биохимия

При всей сложности клеточного метаболизма основных функций обмена веществ не так уж и много, во-первых, это образование высокоэнергетических соединений в количестве, достаточном для обеспечения клетки энергетической составляющей, а также генерирование биологических восстановителей. Во-вторых, наличие промежуточных веществ, необходимых для процессов биосинтеза макромолекулярных соединений, таких, как нуклеиновые кислоты, белки, липиды и углеводы. Вот и все основные условия клеточного метаболизма, но над всеми этими стратегическими функциями “возвышается” архисложная и весьма эффективная система регуляция метаболизма, которая и приводит каждый отдельный метаболический процесс в строгое соответствие с нуждами организма в целом. Именно регуляторные функции и служат важными пунктами взаимодействия с внешней средой. В связи с этим **актуальность** и важность диссертационной работы Натальи Сергеевны Шульгиной не вызывает сомнений, поскольку она посвящена выявлению биохимических и молекулярно-генетических механизмов регуляции роста на ранних стадиях развития у рыб северных широт, обитающих в специфических условиях чередования длинного и короткого светового дня.

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, выводов, списка используемых сокращений и списка литературы. Первая и вторая главы – это обзор литературы, а также материалы и методы исследования. Структура глав 4 и 5 “Результаты

исследования” и “Обсуждение результатов” основана на трех функционально тематических направлениях: 1) Активность ферментов энергетического обмена в белых мышцах сеголеток (0+) и двухлеток (1+) атлантического лосося, содержащихся при разных режимах освещения; 2) Анализ уровней экспрессии генов МуНС, МРФ и миостатина в белых мышцах сеголеток (0+) и двухлеток (1+) атлантического лосося, содержащихся при разных режимах освещения; 3) Оценка влияния разных режимов освещения на рост сеголеток (0+) и двухлеток (1+) атлантического лосося. Такой подход диссертанта позволил ему организовать последовательную логическую цепочку экспериментальных изысканий, параллельно связанных с теоретическими обсуждениями, что оказалось очень удобным для восприятия. Единственное, что оказалось противоестественным, так это раздельная нумерация таблиц и рисунков в главах “Материалы и методы исследования» и “Результаты исследования”.

Особого внимания заслуживает отличный анализ литературного материала, позволивший автору глубоко проникнуть во все детали и тонкости механизмов клеточного метаболизма у пойкилотермных организмов. В обзоре анализируются сведения о структуре, специфических свойствах, функциях ферментов – индикаторов основных метаболических путей, значимых для процессов роста и энергетического гомеостаза у рыб (цитохром с оксидаза, лактатдегидрогеназа, альдолаза). Подробно описана концепция регуляции миогенеза и рассмотрена роль миогенных регуляторных факторов (МРФ) в формировании и развитии скелетных мышц у рыб на ранних стадиях развития. Автором также представлены обширные сведения о влиянии различной продолжительности светового дня (фотопериода) на показатели роста, репродуктивного статуса и процесс смолтификации у рыб семейства лососевых Salmonidae. И что еще более важно, рассматривается неизбежное при любой постановке опытов синергетическое воздействие температуры и фотопериода на рыб. На

основании глубокого анализа литературного материала по исследуемым вопросам, автором и были сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

В главах третьей и четвертой, посвященных центральному вопросу диссертации – выяснению механизмов биохимических адаптаций у сеголеток (0+) и двухлеток (1+) атлантического лосося (*Salmo salar* Linnaeus, 1758), выращиваемых в условиях искусственного воспроизводства при воздействии разных режимов освещения, Наталья Сергеевна продемонстрировала высокопрофессиональное владение методами современного биохимического анализа, и ее результаты представляют значительный интерес.

При исследовании влияния разных режимов освещения на рост разновозрастной молоди атлантического лосося (0+ и 1+) автором показано, что эффект от воздействия круглосуточного освещения на рост молоди лосося зависит как от продолжительности его использования, так и от возраста рыб. У сеголеток лосося наблюдается положительное влияние на прирост массы тела уже спустя месяц после включения круглосуточного освещения. Двухлетки лосося растут лучше при включении круглосуточного освещения в весенний период, а также при более длительном воздействии искусственного освещения, включая зимний период. Круглосуточное освещение способствует более продолжительному периоду роста рыб осенью при снижении температуры воды. При этом следует отметить предложение диссертанта о введении круглосуточного освещения (24С:0Т) в технологический процесс выращивания молоди атлантического лосося, способствующее ускорению темпов роста рыб и их более продолжительному периоду роста осенью при снижении температуры воды.

Адаптации к воздействию разных режимов освещения у молоди атлантического лосося осуществляются, как демонстрирует диссертант, за счет участия ферментов энергетического метаболизма (цитохром с оксидазы, лактатдегидрогеназы и альдолазы) и ряда транскрипционных факторов,

регулирующих мышечный рост. В частности, показано, что под влиянием разных режимов освещения и продолжительности его воздействия изменяются уровни экспрессии генов транскрипционных факторов регуляции миогенеза (Myf5, MyoG, паралога MyoD1) в белых мышцах у разновозрастной молодежи атлантического лосося.

Важнейшим результатом экспериментальных исследований автора является также выявление сезонной динамики изменений уровней экспрессии генов транскрипционных факторов регуляции миогенеза (Myf5, MyoG, паралога MyoD1) и гена тяжелой цепи миозина (MyHC) в белых мышцах у разновозрастной молодежи лосося. При такой динамике уровни экспрессии гена MyoG возрастают, а – генов Myf5, MyoD1b и MyoD1c снижаются, в осенний период (по сравнению с летним периодом), что, по мнению автора, отражает их дифференциальную роль в регуляции мышечного роста у рыб при их адаптации к сезонному изменению температуры воды.

Однако следует отдавать себе отчет в том, что при проведении экспериментальных исследований по воздействию светового излучения на рост рыб необходимо соблюдать предельную осторожность, чтобы не переплестать переменные, такие как, свет, температура, сезон, размер и др., и не вносить значительных неконтролируемых или нерегистрируемых помех, тем самым не искажать процесс трансформации световой энергии в нейрогормональные импульсы. Это может относиться и к уровням активности, ионной регуляции и даже к количеству потребленной пищи. Особенно важно учитывать механизмы взаимодействия температуры и фотопериода, о котором (взаимодействии) сам автор упоминает в литературном обзоре. Кроме того, анализируя сезонную динамику уровней экспрессии исследуемых генов, Наталья Сергеевна показала их дифференциальную роль в регуляции мышечного роста у рыб, адаптированных к сезонному изменению температуры воды.

Замечание (скорее пожелание) состоит в том, что оппоненту не хватило информации о взаимодействии температуры окружающей среды с процессом роста рыб, поскольку колебания естественной температуры воды за период исследования были значительными: 2,4–19,9 °С в эксперименте № 1 (рис. 2) и 1,2–22,4 °С в эксперименте № 2 (рис. 4). Мы знаем, что температура влияет на скорость роста пойкилотермных организмов через влияние на регуляторные механизмы белкового синтеза и эффективности аккумуляции синтезируемого белка. По-видимому, низкие скорости аккумуляции синтезируемого белка при низких температурах и объясняют низкие скорости роста у рыб. Более гибкая структура белков при низких температурах позволяет повысить их каталитическую эффективность, и благодаря такой структуре требуется меньше энергии для конформационных изменений во время катализа.

Указанные замечания (скорее пожелания на дальнейшие разработки) не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы Натальи Сергеевны. В основе её работы лежит оригинальный экспериментальный материал, полученный на основе передовых на сегодняшний день методических решений, и детальный анализ механизмов регуляции метаболизма и эколого-биохимических адаптаций молоди лососевых рыб.

В заключение необходимо отметить следующее. Результаты исследований, представленные диссертантом, в подавляющем большинстве случаев обладают абсолютной новизной и являются конкретным вкладом в изучение специфических адаптивных особенностей у пойкилотермных организмов. Диссертационная работа представляет оригинальное исследование в области биохимии и экологической биохимии.

Таким образом, диссертационная работа Шульгиной Натальи Сергеевны "Активность ферментов энергетического обмена и уровень экспрессии генов, регулирующих мышечный рост, у молоди атлантического лосося (*Salmo salar* Linnaeus, 1758) в условиях искусственного воспроизводства при влиянии

разных режимов освещения" полностью соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» № 842, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. А ее автор, Шульгина Наталья Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.4. – Биохимия.

Доктор биологических наук,  
ведущий научный сотрудник  
лаборатории ихтиологии и физиологии рыб  
Мурманского морского биологического  
института РАН.

Карамушко  
Лариса Ивановна

183038, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17,  
тел.: (8152) 253963 [karamushkol@mmbi.info](mailto:karamushkol@mmbi.info),

28 ноября 2023 г.

Личную подпись *Л. Н. Карамушко*  
Ученый *Лариса Ивановна Карамушко*  
К. Х. Н. *Н. Карамушко*