

Отзыв

официального оппонента Герасимова Юрия Викторовича на диссертационную работу Мурзиной Светланы Александровны «РОЛЬ ЛИПИДОВ И ИХ ЖИРНОКИСЛОТНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЯХ РЫБ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ», представленную на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальностям 03.02.06. – Ихтиология и 03.01.04. – Биохимия.

Прежде всего, следует отметить, что биохимическая часть работы выполнена на исключительно высоком теоретическом и методическом уровне, что в значительной мере обусловлено принадлежностью Автора к школе проф. Виктора Сергеевича Сидорова и чл.-корр. РАН, проф. Нины Николаовны Немовой, сумевших создать преемственность в исследованиях трех поколений липидологов Карелии и редкую для России приборную базу. Объем и качество выполненных Автором работ, свидетельствует о том, что Светлана Александровна унаследовала лучшие черты этой школы – умение сочетать полевые работы с тонким ихтиологическим и биохимическим анализом полученного материала, а также проводить комплексные работы со специалистами различных специальностей, что способствовало, более глубокому осмыслению результатов.

Важно отметить, что до начала исследований, представленных в диссертации Светланы Александровны, сведения, касающиеся состава и динамики липидов у рыб северных морей и их объектов питания, были фрагментарными. Исследования Автора позволили на основании комплексного анализа показателей метаболизма липидов впервые охарактеризовать липидные и жирнокислотные спектры, а также их вариации у пяти видов преимущественно морских рыб северных морей. Это позволило выявить общие закономерности и специфические особенности участия липидов в обеспечении их жизнедеятельности, роста и развития исследуемых рыб с учетом видовой принадлежности, особенностей экологии, возраста и пола. Важно, что многие из выявленных особенностей являются адаптивными.

Особо следует отметить детальное исследование роли жирнокислотных компонентов в формировании фенотипической разнокачественности у рыб, находящихся на разных стадиях онтогенеза, особенно у молоди лососевых рыб,

обитающих в реках бассейна Белого моря. Автором показано, что в процессе роста и полового созревания рыб повышается содержание суммарных липидов, преимущественно за счет триацилглицеринов, в которых доминируют насыщенные (пальмитиновая 16:0) и моноеновые (пальмитоолеиновая 16:1(n-7) и олеиновая 18:1(n-9)) жирные кислоты (ЖК). Однако в других группах липидов увеличивается относительное содержание полиненасыщенных ЖК. В частности, в фосфолипидах мышц помимо пальмитиновой ЖК повышается уровень полиненасыщенных ЖК (эйкозопентаеновой 20:5(n-3) и докозогексаеновой 22:6(n-3)) ЖК, а в триацилглицеринах гонад и печени – 16:1(n-7) и 18:1(n-9) ЖК.

Исключительный интерес представляют данные, касающиеся различной направленности ключевых метаболических реакций конвертации полиненасыщенных жирных кислот, относящихся к семействам n-3 и n-6, у молоди атлантического лосося и кумжи в периоды эмбриогенеза и раннего постэмбрионального развития.

В связи с этим актуальность проведенного Светланой Александровной исследования не вызывает сомнений. Все это автор убедительно показал в вводной части диссертации, где также конкретно были представлены цель и задачи работы, ее теоретическое и практическое значение, научная новизна, защищаемые положения, сведения об апробации результатов на многочисленных конференциях.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. Обзор литературы, занимающий 79 страниц, содержит большой объем данных, касающихся структуры и функций липидов и жирных кислот. Приведены сведения и проанализированы работы о роли липидов в адаптациях морских и пресноводных гидробионтов к изменению температуры, давления и др., а также обсуждается значение жирных кислот как трофических биомаркеров в водных экосистемах. Обзор написан ясным языком. Логично структурирован. Приведена классическая и современная литература.

ГЛАВА II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. Текст хорошо иллюстрирован картами и фотографиями, дающими представление о местах сбора материала. Для описания роли липидов в жизнедеятельности рыб использован широкий спектр методических приемов.

ГЛАВА III. ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ И СТРАТЕГИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПЯТНИСТОГО ЛЕПТОКЛИНА *Leptoclinius maculatus*

(Fries, 1838) В АРКТИКЕ. Огромный объем материала. Детально описано содержание и динамика общих липидов. Особого внимания заслуживает описание «суточной» динамики отдельных классов липидов и ЖК общих липидов липидного мешка и мышц у молоди на разных стадиях развития (на стадиях развития L2 и L3 личинки обитают в пелагиали, на стадии развития L4 переходят к придонному образу жизни, L5 – придонное обитание). В частности, выявлено незначительное снижение содержания фосфолипидов и существенное повышение триацилглицеринов у рыб на L4 стадии развития при переходе от «дневных» к «ночным» суткам в зимний период. Полученные автором данные свидетельствуют о том, что, постепенный переход с эндогенного типа питания на экзогенный, а также смена образа жизни молоди лептоклина сопровождаются формированием суточных ритмов в обмене веществ, связанных со световым режимом, питанием и двигательной активностью.

Некоторое возражение вызывает предположение (Стр. 139) о том, что «Содержание общих липидов у исследуемых видов рыб семейства Стихеевые, обитающих в акватории залива Ис-фьорд и Белом море, было практически равным (в пределах 11,4 – 11,8 % сухой массы), что с высокой степенью вероятности указывает на их (липидов) генетическую детерминированность (таблица 17)». При отсутствии данных о кормовой базе оно достаточно рискованно, так как содержание общих липидов, как правило, обусловлено содержанием триацилглицеринов – запасных липидов, уровень которых в значительной степени зависит от условий питания.

Несколько неожиданным выглядит раздел 3.4. «Паразитофауна половозрелых особей пятнистого лептоклина, обитающего в акватории о. Западный Шпицберген», поскольку в нем отсутствуют данные о содержании липидов. Однако анализ паразитофауны пятнистого лептоклина позволил оценить его место и роль как пищевого звена в трофических цепях Арктики.

Внимания заслуживает факт обнаружения симпласта липидного мешка у личинок пятнистого лептоклина, выполняющий трофическую функцию. При этом крайне интересны данные о сезонной динамике отдельных классов ЖК липидного мешка, значительно отличающегося от такового в мышцах пелагической молоди пятнистого лептоклина.

ГЛАВА IV. ЛИПИДЫ И ИХ ЖИРНОКИСЛОТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ У ТРЕХИГЛОЙ КОЛЮШКИ *Gasterosteus aculeatus* L. БЕЛОГО МОРЯ В ОТДЕЛЬНЫЕ ПЕРИОДЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА (РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПЕРИОД). У трехиглой колюшки из всех исследованных местообитаний в гонадах по сравнению с печенью, выявлено более высокое содержание таких ПНЖК, как пальмитоолеиновая 16:1(n-7) и олеиновая 18:1(n-9). Это коррелирует и с более высоким уровнем запасных триацилглицеринов. Автор резонно рассматривает данное явление, как адаптацию, обеспечивающую оптимальное развитие эмбриона и повышение выживаемости личинок.

Показано, что различия в составе липидов и спектре ЖК у молоди трехиглой колюшки из разных нерестово-выростных местообитаний в Белом море обусловлены различиями липидного и ЖК-состава доминирующих видов их объектов питания.

ГЛАВА V. БИОХИМИЧЕСКАЯ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ С УЧАСТИЕМ ЛИПИДОВ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ У БЕЛОМОРСКОЙ СЕЛЬДИ *Clupea pallasii marisalbi* Berg, 1923 В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И ПРИ ДЕЙСТВИИ ФАКТОРОВ СРЕДЫ. На мой взгляд не совсем удачное название главы, м.б. РОЛЬ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТИ ЛИПИДОВ БЕЛОМОРСКОЙ СЕЛЬДИ *Clupea pallasii marisalbi* Berg, 1923, НАХОДЯЩЕЙСЯ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА, В АДАПТАЦИЯХ К ФАКТОРАМ СРЕДЫ

Выявлены количественные вариаций отдельных липидов и ЖК у личинок сельди из разных заливов Белого и р. Варзуга в осенний период. Особого внимания заслуживает выявление более высокого содержания ПНЖК (за счет пальмитиновой 16:0) и низкого – ЭПК и ДГК ЖК (особенно у личинок Онежского залива) по сравнению с половозрелыми особями. Исключительно интересны данные, касающиеся характеристик липидов у рыб, выловленных на разной глубине (13 и 50 м) при разной температуре воды (8.4 и 6.5°C) и солености (18.8 и 26.5‰). Уровень ОЛ был достоверно выше у сельди, обитающей на меньшей глубине и при более высокой температуре по сравнению с второй группировкой, что связано с большей долей ФЛ (за счет ФЭА и ЛФХ). Эти и другие изменения ЖК-профиля основных классов энергетических и структурных липидов позволили автору прийти к выводу, что помимо генетически детерминированного их состава,

важную роль играют количественные и качественные перестройки, влияющие на интенсивность обмена липидов, а также на участие ЖК-компонентов липидов в биохимических адаптациях, обеспечивающих компенсаторный ответ на действие температурного, соленостного и трофического факторов среды.

ГЛАВА VI. ЛИПИДЫ И ИХ ЖИРНОКИСЛОТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ В ПРОЦЕССАХ ФОРМИРОВАНИЯ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ГРУППИРОВОК МОЛОДИ КУМЖИ (*Salmo trutta* L.) И АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ (*Salmo salar* L.) НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА В ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОТОКАХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА. Показано, что атлантический лосось и кумжа различаются по липидному статусу, особенно по составу, содержанию и соотношению полиненасыщенных жирных кислот семейств (n-3) и (n-6), например арахидоновой/ленолевой ЖК (20:4(n-6)/18:2(n-6)), докозагексаеновой/леноленовой (22:6(n-3)/18:3(n-3)) и арахидоновой/эйкозапентаеновой ЖК (20:4(n-6)/20:5(n-3)), которые обнаруживаются в эмбриональный период, сохраняются у сеголеток, несколько снижаются у пестряток, и усиливаются у смолтов. Также выявлены различия между проходной и пресноводной формами кумжи: повышение соотношения 22:6(n-3)/18:3(n-3), а также 20:5(n-3)/18:3(n-3), рассматривается как один из биохимических индикаторов подготовки к миграции.

Результаты исследований роли липидов и ЖК в дифференциации личинок и разновозрастной молодежи атлантического лосося и кумжи под действием экологических факторов среды позволили автору сделать вывод о том, что адаптивные изменения липидного статуса приводят к образованию сложной возрастной и субпопуляционной структуры, поддерживающей внутривидовое биоразнообразие этих рыб в условиях Европейского Севера, а наличие фенотипических групп у сеголеток лосося играет значительную роль в дальнейшей дифференциации молодежи.

Также установлены различия в структуре и составе жирных кислот общих липидов у макрозообентоса из «лососевых» и «кумжевых» рек, определяющих жирнокислотный статус молодежи лососевых рыб, что может влиять на формирование сложной популяционной структуры лососевых рыб в реках.

На основании всей работы автором представлено хорошее заключение, а в конце сделано 9 взвешенных выводов, отражающих основные достижения диссертанта. Содержание автореферата в целом соответствует основному содержанию диссертационной работы.

Как и в каждой большой работе, в диссертации Светланы Александровны встречаются технические недостатки. Часть замечаний, возникших в ходе знакомства с работой, отражено по ходу анализа конкретных глав. К мелким замечаниям относятся:

Стр. 31. Встречаются сочетания «в научной работе», т.е. излишний акцент, т.к. в диссертациях приводят данные только научных работ.

Стр. 36-37. Неудачная фраза: «Наряду с увеличением объема матрикса митохондрий в мышцах может изменяться и их плотность, количество и качество, что позволяет предположить, что наиболее вероятным, эволюционно закрепленным механизмом компенсации обитания рыб в условиях высоких широт, можно рассматривать изменение ультраструктуры мышечной ткани (White et al., 2012)».

Стр. 39. Аббревиатура ПНЖК появляется раньше ее расшифровки.

Стр. 42. Аббревиатуры АРА, ЭПК и ДГК без расшифровки.

Стр.43. Прекрасная схема биосинтеза длинноцепочечных полиненасыщенных ЖК приведена без ссылки на автора и вне связи с предыдущим и последующим текстом.

Стр. 45. Не указан автор схемы в подписях к рис. 4.

В разделе «Положения, выносимые на защиту» не очень удачно сформулирован п.1. Текст в этом разделе крайне перегружен информацией и труден для восприятия.

На мой взгляд, не вполне корректна и требует дополнительного разъяснения формулировка вывода 9.

Встречаются неисправленные опечатки.

В списке сокращений отсутствуют названия многих упоминающийся в тексте жирных кислот: Пальмитиновая 16:0; Пальмитоолеиновая 16:1; Стеариновая 18:0; Олеиновая 18:1; Линолевая 18:2; Леноленовая 18:3; Арахидоновая 20:4; Эйкозапентаеновая 20:5; Докозагексаеновая 22:6.

В целом, собранный материал, уровень его анализа, правильность и логичность обсуждений и выводов не оставляют сомнений в высоком уровне представленного к защите исследования. Новизна, обоснованность полученных результатов и выводов, основанных на достоверном анализе разнотипных первичных материалов, солидная апробация результатов и отражение основных положений работы в 52 публикациях (38 из которых представлены в изданиях, рекомендованных ВАК РФ), свидетельствуют о работе, как о зрелом и законченном исследовании. Все это дает основание заключить, что диссертационная работа «РОЛЬ ЛИПИДОВ И ИХ ЖИРНОКИСЛОТНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ АДАПТАЦИЯХ РЫБ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ» выполнена в соответствии с основными пунктами Положения о порядке присуждения ученых степеней и ученых званий ВАК РФ, а ее автор – Мурзина Светлана Александровна – заслуживает присуждения ученой степени доктора биологических наук по специальностям 03.02.06. – ихтиология и 03.01.04. – биохимия (биологические науки).

Заместитель директора, заведующий лабораторией экологии рыб
Федерального государственного

бюджетного учреждения науки Институт биологии
внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,

(152742) Ярославская обл., Некоузский р-н, п. Борок,

доктор биологических наук (03.02.06. – ихтиология),

профессор (по специальности «Ихтиология»)

(48547)24124,

gu@ibiw.ru

Герасимов Юрий Викторович

01.10.2019 г.

