

## ОТЗЫВ

официального оппонента  
на диссертацию Рудченко Анастасии Евгеньевны

«Роль трофических факторов в формировании жирнокислотного состава рыб, обитающих в водоемах Красноярского края» представленную на соискание учёной степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология (биологические науки).

**Актуальность и новизна.** Диссертационная работа Анастасии Евгеньевны Рудченко выполнена в развитие одного из направлений научных исследований гидробиологии, связанного с изучением биологических ресурсов и продукционных возможностей пресных водоемов разного типа и разработкой научных основ их рациональной эксплуатации. Актуальность исследований определяется необходимостью получения новых данных о взаимоотношениях водных организмов со средой обитания, о процессах функционирования и динамике водных экосистем в современных климатических условиях в водоемах разного трофического типа. Настоящая работа посвящена влиянию состава кормовой базы, типа питания и трофического типа экосистемы на накопление в промысловых рыбах водоемов Красноярского края жирных кислот, включая незаменимые длинноцепочечные омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты.

**Общая характеристика диссертации.** Диссертация построена по традиционному плану, в соответствии с рекомендациями ВАК и состоит из общей характеристики работы, обзора литературы, детального описания объектов, материалов и методов исследования, главы собственных экспериментальных результатов и их обсуждения, главы, включающей общее обсуждение результатов, выводов и списка цитируемой литературы, приложений. Диссертация изложена на 154 страницах, содержит 8 рисунков, 17 таблиц, 3 приложения и 239 ссылок на цитируемые источники, из которых 199 зарубежные источники. Структура работы отражает единство поставленных задач, полученных результатов и сделанных на их основе

выводов. Конкретные задачи исследования (4) четко и ясно сформулированы. С решением поставленных задач диссертант успешно справилась. Сформулированные выводы базируются на достоверно подтвержденных результатах проведенных исследований.

Во «**Введении**» отображена суть проблемы, сформированы цель и задачи работы. Автор четко обосновывает актуальность исследования, отмечает недостаточную ясность и противоречивость сведений о силе влияния трофических факторов на содержание незаменимых ПНЖК в организме рыб разных экологических групп, а также отсутствие единого мнения о роли трофического типа водоема как фактора, определяющего состав и содержание жирных кислот у рыб.

Глава 1 «**Обзор литературы**» представляет собой анализ современных представлений по данной проблеме. Настоящий раздел четко структурирован и содержит последние сведения о классификации и особенностях биосинтеза жирных кислот у позвоночных животных, раскрывает основные биологические функции жирных кислот, а также акцентирует внимание на особой роли незаменимых ПНЖК в организме позвоночных животных и их метаболизме. Особое внимание уделено двум незаменимым и значимым для нормального роста и развития, поддержания жизнедеятельности организма ПНЖК – эйкозапентаеновой и докозагексаеновой кислот (ЭПК и ДГК соответственно). В обзоре литературы достаточно полно приведена информация о производстве и передаче жирных кислот в водных трофических цепях, раскрывается роль филогенетических и онтогенетических факторов в формировании ЖК-состава рыб, а также обобщенные сведения об особенностях накопления жирных кислот в организме рыб при влиянии факторов внешней среды, среди которых выделены кормовая база, температура и соленость среды. Анализ литературы позволил автору обосновать цель и задачи исследования.

Глава 2 «**Районы работ, материал и методы исследования**» содержит сведения об объектах исследования, отборе биологического материала, приведены характеристики пяти исследованных водоемов, в которых производился отбор проб, дана информация о систематике и экологии изучаемых видов рыб, методах постановки экспериментов. Для решения поставленных задач автором был использован один из самых современных и широко используемых подходов в оценке трофических взаимоотношений организмов и воздействия среды на процессы накопления, трансформации и передачи вещества – метод стабильных изотопов углерода и азота, а также методы определения состава и содержания жирных кислот в тканях исследуемых видов рыб. Следует отметить умение автора планировать и выполнять работу в полевых условиях, определять выбор необходимым средств и инструментов для сбора материала, проведения сопутствующих измерений параметров водной среды. Использованные методы исследований и статистической обработки данных обеспечили получение достоверных результатов.

Раздел «**Результаты исследований**» состоит из трех глав с подглавами. В **Главе 3** приводятся результаты изучения влияния кормовой базы с учетом ее сезонных изменений на состав и содержание жирных кислот, конкретно ЭПК и ДГК, в мышцах двух ихтиоядных – окунь и щука и двух планкто-бентоядных – плотва и лещ – видов рыб из Красноярского водохранилища, который является мезотрофным водоемом. У окуня и плотвы изучена динамика состава ЖК-маркеров в течение вегетационного периода для оценки возможного влияния сезонных изменений кормовой базы на спектр кормовых объектов и тип питания исследуемых рыб. Анализ полного ЖК-профиля исследованных рыб с учетом сезонности позволяет сложить более полную картину липидного метаболизма с участием жирных кислот, в том числе трофических маркеров, и оценить их роль в физиологических процессах и реакциях.

Показано большее процентное и абсолютное содержание ДГК у окуня и щуки, представителей более высокого трофического уровня, по сравнению с таковым у плотвы и леща, для которых более высок был уровень ЭПК. Общая пищевая ценность, тем самым, снижается от щуки к плотве и окуню с наименьшим значением у леща.

В **Главе 4** обсуждаются результаты о влиянии репродуктивного цикла на состав и содержание жирных кислот в мышцах, печени и гонадах самок и самцов окуня Красноярского водохранилища на стадии завершения созревания гонад и в период нереста. Автором показано, что на ЖК-состав мышц окуня оказывают влияние экологические факторы, кормовая база, но не репродуктивный цикл. Пищевая ценность мышечной ткани окуня Красноярского водохранилища выше на преднерестовой стадии, что позволяет рекомендовать вылов окуня в зимне-весенний период.

В **Главе 5** приведены результаты анализа состава и содержания ЖК в рыбах, населяющих водоемы разного трофического типа Красноярского края. Обсуждение результатов ведется на основе данных анализа стабильных изотопов углерода и азота, а также детального анализа ЖК-профиля мышечной ткани плотвы, окуня и щуки. Обнаружено, что в исследованных мезотрофных водоемах доминирующие виды пресноводной ихтиофауны (карпообразные, окунеобразные, щукообразные) имеют самое высокое содержание незаменимых ПНЖК.

При обсуждении результатов автор успешно интегрирует полученные данные и существующие научные представления по обсуждаемой проблеме. Обсуждение и оценка результатов в диссертационной работе проведены корректно с использованием имеющихся по данной проблеме публикаций. Результаты экспериментов хорошо документированы, иллюстративный материал обширен и свидетельствует о высоком качестве экспериментальных данных.

Завершают работу **выводы**, которые адекватны поставленной цели и задачам исследования, отражают полученные автором результаты. Научные положения диссертации, защищаемые автором, выводы, сформулированные на основе большого экспериментального материала, сделанные рекомендации по использованию результатов работы достаточно хорошо обоснованы, имеют эффект новизны. Достоверность научных положений и выводов не вызывает сомнений.

### **Замечания к работе.**

- 1) Автору следует определиться с использованием обозначения обсуждаемых в работе ЭПК и ДГК и семейства (n-3) полиненасыщенных жирных кислот, в целом: в тексте диссертации встречаются обозначения «омега», что является упрощенным или сленговым, а также (n-3), n3 или  $\omega$ -3,  $\omega$ 3. Иногда разные обозначения одного семейства можно найти на одной странице текста.
- 2) Стр. 58 – « ... пробы тканей рыб гомогенизировали с проведением одновременной экстракции общих липидов по методу Фолча в модификации (Gladyshev et al., 2015a). Следует более подробно описать данную модификацию.
- 3) Стр. 89. – «В мышечной ткани самок окуня в июне отмечено значительное снижение процента кислоты 20:5n-3, маркера диатомовых водорослей (Sushchik et al., 2006), и рост процента кислоты 22:6n-3, по сравнению с январем». Автор делает предположение, что данный результат связан с возможным синтезом ДГК *denovo* в мышечной ткани окуня и приводит ссылку на работу Blanchard et al., 2005. Предположение не совсем корректно. Во-первых, в работе на которую ссылается автор проводили исследование активности ферментов липидного обмена, вовлеченных в преобразование одних жирных кислот в другие. Во-вторых, сложно

предположить таковой синтез в мышцах, для этого требуются исследования активности ферментов. Автор работы показывает, что в печени повышения уровня ДГК не наблюдалось, в то время как именно в печени следовало бы ожидать возможный синтез и превращения длинноцепочечных кислот. Скорее всего трофический фактор вносит значение в поддержание стабильно высокого уровня ДГК в исследованных органах, в целом, как до нереста так и в нерестовый период. Если обратить внимание, на другие, сопутствующие ЖК и их отношения: высокий уровень отношения  $16:0/16:1(n-7)$ , содержание  $18:4(n-3)$ ,  $22:6(n-3)$ ,  $16:0$ , а также индекс  $C18ПНЖК+22:6(n-3)$ ,  $22:6(n-3)+18:1(n-9)$  можно было бы предположить вклад именно трофического фактора (флагеллят) в качественный и количественный профиль исследованных органов.

- 4) Обсуждение результатов было бы интереснее, если бы автор использовал не только количественное содержание отдельных ЖК для интерпретации действия трофического фактора на исследуемые виды рыб, но и их соотношения и индексы. Например, вклад диатомовых водорослей можно оценить по содержанию  $16:1(n-7)+C16ПНЖК+20:5n-3$ , а также высокому уровню  $20:5n-3/22:6n-3$ ,  $16:1n-7/16:0$ . По соотношению  $C20-22:3n-3/C18:3n-3$  можно судить об активности одного из ферментов липидного обмена - элонгазы, а по соотношению  $\Delta 6ДГК/ДПК$  и  $C22:6n-3/C20:5n-3$  – об активности фермента десатуразы.
- 5) Стр. 89 –«Эта ПНЖК может использоваться для синтеза в печени эндогормонов и фосфолипогликопротеина – вителлогенина, основной составляющей желточного мешка ооцитов рыб...». Автору следует пояснить о каком желточном мешке ооцитов самок окуня идет речь.
- 6) Таблицы 4.2. и 4.3. (глава 4) следовало бы дополнить информацией об уровне общих липидов в исследованных тканях и органах, эта

информация дала бы общее представление о количестве липидов данных тканях.

- 7) По тексту встречаются немногочисленные опечатки. На стр. 2 «Оглавление», п. 1.3.1. некорректно написано название эйкозапентаеновой кислоты; на стр. 75 некорректно написана формула стеариновой кислоты; на стр. 43 указана ссылка на Gladyshev, 2018, однако в списке литературы присутствует ссылки 109 и 110 этого же года. Не ясно, на какую ссылку указывает автор.

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают общего положительного впечатления о работе.

**Теоретическое и практическое значение работы.** Теоретическое значение работы заключается в получении новых знаний в области биологии, в том числе гидробиологии о функционировании экосистем разного трофического уровня и взаимоотношениях гидробионтов со средой обитания. Результаты работы, основанные на анализе качественного и количественного профиля жирных кислот широкораспространенных промысловых рыб Красноярского края и предлагаемые рекомендации по выбору сезонов вылова исследованных видов рыб (щука, окунь, плотва, лещ) могут найти практическое применение при прогнозировании возможных объёмов и сроков вылова рыб и при разработке мер по «направленному» формированию запасов промысловых организмов. Кроме того данные о пищевой ценности популяций промысловых видов рыб, как источников незаменимых жирных кислот, в том числе для человека могут быть использованы в практике дополнения системы терапии некоторых заболеваний.

Результаты работы также могут быть использованы при составлении учебников и учебных пособий для общебиологических специальностей вузов, особенно для гидробиологии, экологии, экологической биохимии.

Содержание автореферата соответствует материалу, представленному в диссертации. Диссертация соответствует специальности, по которой она представлена к защите.

Результаты работы докладывались на нескольких международных и российских конференциях и съездах; по теме диссертации опубликовано 4 научные работы, в том числе 4 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК, в которых изложено основное содержание полученных данных.

Таким образом, исходя из актуальности, новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов для фундаментальной биологии, можно заключить, что диссертационная работа «Роль трофических факторов в формировании жирнокислотного состава рыб, обитающих в водоемах Красноярского края» является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей критериям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор – **Анастасия Евгеньевна Рудченко** заслуживает присвоения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.10 – гидробиология (биологические науки).

Кандидат биологических наук,  
Заведующий лабораторией экологической биохимии  
Института биологии – обособленного подразделения Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Федерального  
исследовательского центра «Карельский научный центр Российской  
академии наук» (ИБ КарНЦ РАН)  
Светлана Александровна Мурзина  
21.01.2019 г.



185910 г.Петрозаводск, ул. Пушкинская, д.11  
Тел.+7 9212221988;

Е-mail: [murzina.svetlana@gmail.com](mailto:murzina.svetlana@gmail.com) Светлана Александровна Мурзина

21.01.2019 г.

Подпись Мурзиной С.А. заверяю,  
Ученый секретарь ИБ КарНЦ РАН,  
к.б.н. Елизавета Михайловна

