

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора биологических наук, Профессора РАН,
заведующего лабораторией экологической биохимии,
главного научного сотрудника лаборатории экологической биохимии
Института биологии - обособленное подразделение

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр
Российской академии наук", Мурзиной Светланы Александровны
на диссертацию **Бардукова Николая Владимировича**

«Формирование современного ареала трехиглой колюшки (*Gastrosteus aculeatus*)»

представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по специальности 1.5.13 – «ихтиология»

Актуальность. Диссертационная работа Николая Владимировича Бардукова связана с изучением формирования современного ареала *Gastrosteus aculeatus*, при использовании молекулярно-генетических методов и подходов с учетом палеогеографических реконструкций, что связано с одной из научных проблем ихтиологии – изучением происхождения и филогенеза рыб, а также их экологией, в частности, с изучением условий их обитания, миграций и влияния среды на популяции. С методической точки зрения, актуальность работы также определяется использованием современных молекулярно-генетических методов при изучении полиморфизма генов у представителей разных филогенетических линий вида, имеющих схожие филогеографические и экологические особенности. Особую значимость научной работе придает изучение колюшки природных популяций 53 локализаций из тихоокеанского, понтийского и атлантического регионов ареала. Такой подход позволяет наиболее полно установить пути расселения вида, построить палеогеографическую модель и сформулировать концепцию формирования ареала трехиглой колюшки.

Научная новизна работы. Не вызывает сомнений в связи с отсутствием четко сформулированной и хорошо обоснованной истории формирования ареала трехиглой колюшки *Gastrosteus aculeatus* – уникального амфибореального, высокопластичного и перспективного с позиции практического применения вида рыб, а также в связи с существованием

разных гипотез и мнений по данному научному вопросу. Впервые с использованием молекулярно-генетических методов в совокупности с палеогеографическими реконструкциями приводится современная логично обоснованная концепция процесса и особенностей расселения *G. aculeatus*, а также предпринята попытка оценки вклада антропогенных факторов и процессов в формирование ареала. В настоящий момент такие емкие исследования отсутствуют.

Общая характеристика диссертации. Структура диссертации построена по традиционному плану и состоит из Введения и четырех Глав: Обзор литературы, Материалы и методы, Результаты исследования, Обсуждение. Завершают работу Заключение, Выводы, Список литературы и Приложение. Диссертационная работа изложена на 138 страницах, включает 20 рисунков, 12 таблиц, в Приложениях имеется 1 таблица и 4 рисунка. Список литературы включает 175 наименований. Характер научного труда целостный и оригинальный. Диссертация написана емко, логично и завершено. Структура работы отражает связанность поставленных задач, полученных результатов и сделанных на их основе выводов. По структуре и объему диссертационная работа соответствует рекомендациям ВАК. В диссертации поставлена конкретная научная цель и сформулированы три ясные задачи для ее достижения. Четко сформулированы два положения выносимых на защиту. Все разделы диссертации выполнены с применением соответствующего типа анализа, в том числе с использованием передовых научных подходов и приборной базы (в работе достигнуто и продемонстрировано успешное сотрудничество с коллегами других институтов по сбору материала, освоению методик и использования ЦКП), проведено основательное обсуждение полученных результатов в сравнительном аспекте (сопоставление с данными литературы и ретроспективными данными). Полученные выводы базируются на достоверно подтвержденных результатах исследования, которые статистически полно обработаны и визуализированы в форме, традиционной для исследований, сходных по тематике.

Результаты диссертации были представлены на четырех международных научных конференциях на территории России; по теме диссертации опубликовано 10 работ, из которых 3 статьи в рецензируемых журналах и 7 публикаций в сборниках конференций.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации.

Во «Введении» автор дает общую характеристику работы, где отражены актуальность темы исследования, новизна, представлена цель и задачи диссертации, сформулированы положения, выносимые на защиту, даны указания на фундаментальную и практическую значимость результатов диссертации. Личный вклад соискателя, как и требуется – ведущий и выражался в сборе материала, лабораторной и аналитической обработке данных, обсуждении результатов и их визуализации.

Глава 1 «Обзор литературы» подготовлена на 34 страницах и содержит шесть подразделов. Глава написана содержательно и компактно, при этом сведения, которые представлены в этой главе, отражают суть исследования, научную проблему, которой посвящена работа, всесторонне знакомят с объектом исследования без излишнего перегруза информацией и отступлений от темы диссертационного исследования. Обсуждаются генетические механизмы, способствующие адаптации трехиглой колюшки к различным условиям обитания, ареал и современные представления о его формировании у исследуемого вида. Проработанность литературы, включая современные источники, в данном разделе позволяет рекомендовать оформить этот материал в виде отдельной публикации. Глава, посвященная Обзору литературы, завершается качественным заключением, в частности отдельно сформулированы три противоречия существующей в настоящее время концепции формирования современно ареала вида *Gastrosteus aculeatus*.

Глава 2 «Материалы и методы исследований» изложена на 14 страницах и содержит информацию о объекте исследования – трехиглой колюшке *Gastrosteus aculeatus* природных популяций, отлов которых проводился в нерестовых период в местах нереста в 53 локальностях, в том числе и диссертантом. В целом было собрано и проанализировано 246 образцов. Подробная информация о характеристике выборок отражена автором в соответствующей Таблице. Лабораторная, аналитическая работа, обработка секвенированных последовательностей и их депонирование в базу данных NCBI “GenBank”, интерпретация полученных результатов и их визуализация выполнены преимущественно автором исследования. Отмечу, что в Приложении 1 и Приложении 2 полно представлены сведения о географической локализации и гаплотипах мтДНК образцов трехиглой колюшки, отобранных для построения медианных сетей и нуклеотидные

замены, характерные для представителей трехиглой колюшки европейской, трансатлантической, черноморской, американо-тихоокеанской и азиатско-тихоокеанской линий.

Автором диссертации обосновано почему для изучения степени филогенетической близости исследованных групп и последовательности их разделения в качестве маркеров были выбраны частичные последовательности митохондриальных генов *COI* и *cyt b*. Кроме того, указано, что выбор данных митохондриальных маркеров связан с отсутствием рекомбинации в мтДНК. В данной Главе детально и воспроизводимо описано выделение ДНК, условия и выполнение ПЦР, классическое секвенирование по Сэнгеру, четко прописаны различные программы и тесты, а также действия, совершенные для анализа нуклеотидных последовательностей, изучения филогенетических связей между популяциями трехиглой колюшки. Полученные результаты не вызывают сомнений в их достоверности.

Глава 3 «Результаты исследования» изложена на 24 страницах и состоит из шести разделов. В первом разделе показано, что был обнаружен более высокий полиморфизм гена *cyt b* мтДНК по сравнению с *COI* у исследованных образцов колюшки трехиглой. Во втором разделе согласно медианной сети гаплотипов, построенной на основании полиморфизма *COI*, обнаружены два дивергировавших кластера – азиатско-тихоокеанский и евро-американский. Также продемонстрированы гаплотипы эндемичных линий средиземноморской группы, описан гаплотип рыб реликтового озера Скадар, а также три группы гаплотипов европейского кластера. В разделе 3 продемонстрирована и обсуждается медианная сеть гаплотипов для гена *cyt b*, которая схожа с таковой для гаплотипов *COI*, но более детализирована. В разделе 4 на основании полученных данных обсуждается распределение представителей различных филогенетических линий *COI* и *cyt b* по ареалу. Далее, в разделе 5 автором обсуждаются оригинальные данные, которые связаны с обнаружением некоторых гаплотипов в нехарактерных для них локальностях. Так, в водоемах бассейна Черного моря были зарегистрированы гаплотипы *cyt b* балтийской группы EB, а для гена *COI* – присутствие в регионе носителей гаплотипов американо-тихоокеанской линии CWA. Полученные результаты потребовали от Николая Владимировича проявить еще большую скрупулёзность и усердие и провести

дополнительные исследования – увеличить выборки понто-каспийских образцов, для 10 из них выполнить секвенирование участка мтДНК между генами *COI* и *cyt b*, чтобы показать общность данной группы образцов с черноморскими. В заключительном разделе 6 Главы результаты отражены в виде набора карт и показано распределение гаплотипов филогенетических линий генов *COI* и *cyt b*, в популяциях трехиглой колюшки Понто-Каспия и прилегающих водных системах бассейна Балтики. Показано, что в бассейне Черного моря обнаруживаются типично-черноморские гаплотипы и гаплотипы балтийского происхождения, а в бассейне Днепра только балтийские. В Каспийском море и Пролетарском водохранилище выявлены только гаплотипы *cyt b* черноморской филогенетической линии, а в Волге – исключительно балтийские. Кроме того, в данном разделе отражены результаты дополнительных исследований, которые позволили установить, что сходные последовательности *COI* мтДНК у представителей американо-тихоокеанской и черноморской линий имеют независимое происхождение, а черноморский кластер един, но в нем имеется две филогенетические ветви, одна из которых имеет на некотором участке сходство с гаплотипами американо-тихоокеанской линии CWA.

Следует отметить высокий уровень визуализации данных, иллюстративного материала, грамотность и при этом легкость изложения, структурированность данного раздела, что исключительно положительно характеризует Николая Владимировича как трудолюбивого, увлеченного и компетентного исследователя.

Все полученные результаты отличаются высоким уровнем новизны и имеют характер данных, полученных впервые.

Глава 5 «Обсуждение» представлена на 19 страницах, имеет 9 разделов, при этом восьмой раздел имеет 4 подраздела, структура Главы соответствует полученным результатам. Материал тщательно обсуждается, что свидетельствует о высоком качестве экспериментальных данных. В главе проводится реконструкция путей расселения трехиглой колюшки по ареалу (раздел 4.1.). Весьма интересными и значимыми являются материалы и их обсуждение (раздел 4.2.), которые позволяют определить наиболее древние популяции колюшки Европы и обсуждать проникновение вида в водные системы именно с юга на север Европы. Автором показано, что генетически близкими к азиатско-тихоокеанским и наиболее древними среди европейских

групп являются линии средиземноморской группы, а молодыми – гаплотипы северных и центральных европейских групп. Кроме того, установлено, что основные европейские и атлантические линии имеют общий предковый гаплотип, распространенный некогда в Паратетисе (раздел 4.3.). Обстоятельно описывается миграция трехиглой колюшки из Паратетиса в Атлантический океан (раздел 4.4.) и формирование европейского кластера гаплотипов трехиглой колюшки (раздел 4.5.). Обсуждается также проникновение носителей гаплотипов будущей американо-тихоокеанской линии в бассейн Тихого океана (раздел 4.6.). Кроме того, Автором критически, объективно и обосновано, рассматриваются варианты происхождения трехиглой колюшки разных регионов и приводится обоснование концепции исследования (раздел 4.7.). В разделе 4.8. (с подразделами) отражены палеогеографические изменения, повлиявшие на распространение филогенетических линий трехиглой колюшки, а в заключительном разделе 4.9. рассматривается трансформация ареала трехиглой колюшки под влиянием антропогенных факторов (судоостроительная деятельность, рыбохозяйственная деятельность и др.). Особо отмечу, что при обсуждении собственных результатов автор успешно связывает их с существующими научными представлениями по обсуждаемой проблеме (особенно для ретроспективной части исследования), оценка результатов диссертации проведена корректно с использованием имеющихся данных литературы.

Работа логично завершается достаточно полным Заключением, которое резюмирует результаты молекулярно-генетических исследований с учетом палеогеографических реконструкций для описания формирования современного ареала трехиглой колюшки, и Выводами, которые адекватны поставленной цели и задачам исследования. Они достаточно полно отражают результаты, полученные автором.

Вопросы и замечания к работе.

Несмотря на общее благоприятное впечатление, касающееся достоверности и значимости полученных результатов, актуальности исследования, и его к работе имеются некоторые вопросы и замечания:

1) Поскольку работа и непосредственно защита диссертации позволяют также в форме научной дискуссии или диалога реализовать ответ на

замечание, просьба четко представить источники повторного заселения трехиглой колюшкой регионов, где данный вид не обнаруживали более 100 лет и, особенно, оценить степень перемешивания различных филогенетических линий вида в результате деятельности человека. Собственно, это Задача 3 диссертации, и она недостаточно четко оформлена и выделена в работе, – отдельные составляющие представлены в исследовании в разных разделах обсуждения.

2) В Главе «Обзор литературы» Автор приводит информацию о разнообразных адаптациях трехиглой колюшки к обитанию в различных условиях среды, что способствует ее расселению и освоению новых водных систем, однако совершенно не упоминает и не приводит, даже кратко, биохимические механизмы адаптаций исследуемого высокопластичного вида. В случае подготовки на основе обзора литературы отдельной публикации или обзора, следует это учесть, поскольку имеются существенные наработки по этому вопросу в последние десятилетия российскими и зарубежными учеными;

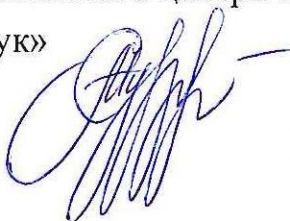
3) В числе технических замечаний, которые на сказываются на высокой теоретической значимости работы, следует обратить внимание автора на необходимость аккуратного оформления научной работы в целом и списка литературы, в частности. Так, в частности, в его работе порой отсутствуют библиографическое оформление ссылок, используемых в тексте, а в общем Списке литературы иногда приведены ссылки, место которых в тексте диссертации не указано. Приведу частные примеры, стр. 16 – Артамонова и др., 2021 отсутствует в списке литературы, Schluter, 2009 отсутствует в тексте рукописи.

Закключение. Диссертационная работа Бардукова Н.В. «Формирование современного ареала трехиглой колюшки (*Gastrosteus aculeatus*)» на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.13 – «ихтиология», является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-методическом уровне с применением современных методов исследования и материально-технической базы. Результаты, приведенные в работе, имеют высокую научную значимость, демонстрируя современное представление о формировании ареала системообразующего вида – колюшки трехиглой на

основе интеграции молекулярно-генетических данных и палеонтологических реконструкций. Практическая значимость работы состоит в ее существенности для оценки структуры популяции, соотношении и взаимосвязи видов, определении функционирования водных экосистем, что имеет значение для мониторинговых работы с целью природоохранной и рыбохозяйственной деятельности (трехиглая колюшка является видом высоко перспективным для биотехнологии и биомедицинских приложений). Диссертационная работа по содержанию, актуальности, новизне, научному и методическому уровню, научной и практической ценности полученных результатов полностью соответствуют критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук пп. 9-11, 13-14 Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Бардуков Н.В., заслуживает присуждения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.13 – «ихтиология».

Официальный оппонент

Доктор биологических наук, Профессор РАН,
Заведующий лабораторией экологической биохимии,
главный научный сотрудник лабораторией экологической биохимии
Института биологии – обособленное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр
Российской академии наук»



Мурзина Светлана Александровна

Тел.: +7 814 2 769810, моб. +7921 222 19 88, e-mail:

murzina.svetlana@gmail.com

185910 Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11,

Институт биологии - обособленное подразделение Федерального
государственного бюджетного учреждения науки

Федерального исследовательского центра "Карельский научный центр
Российской академии наук"; biology@krc.karelia.ru

09 сентября 2026 г.



Подпись Мурзиной С.А. заверено
исполнителями отдела кадров КарНЦ РАН
В.В. Авиловым