УТВЕРЖДАЮ
Ио директора Федерального
центра комплексного изучения
Арктики им. Н.П. Лаверова РАН,
к.х.н. _____ Н.С. Горбова
«21» июня 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Болотовского Алексея Александровича**
«Роль трийодтиронина в индивидуальном развитии и формировании фенотипа плотвы *Rutilus rutilus* (L) и леща *Abramis brama* (L)»,
представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук
по специальности 03.02.04 – зоология

Актуальность темы

Тиреоидные гормоны оказывают значимое влияние на темпы онтогенеза и морфологические признаки рыб, при этом фенотипические последствия гормональной регуляции темпа онтогенеза в значительной степени недооценены. Пресноводные рыбы являются важнейшей группой пресноводных гидробионтов, которая обеспечивает целый ряд ключевых экосистемных функций (сервисов), а также имеет высокое хозяйственное значение. В качестве объектов исследования автором были выбраны два вида рыб, в частности, лещ и плотва. Оба этих вида широко распространены в Европейской части России и Сибири, и во многих регионах они составляют существенную часть биомассы рыбной компоненты сообществ внутренних водоемов. Ранее подобные исследования в отношении этих видов не проводились. Исходя из вышеперечисленного, тему рецензируемой работы следует признать актуальной.

Структура и оформление диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка цитированной литературы, включающего 326 работ, из которых 238 на иностранных языках. Объем работы 142 страницы, имеется 21 рисунок и 24 таблицы. Диссертационная работа оформлена в соответствии с

действующими правилами и нормами, написана хорошим профессиональным языком, терминологически грамотна, логична и рациональна по структуре, научно наполнена по содержанию.

Оценка новизны исследования и выводов

Рецензируемая диссертация является завершенным исследованием, цель которого полностью раскрыта через адекватное решение поставленных задач. Глубина теоретических выводов диссертации в отношении гормональной регуляции раннего онтогенеза и фенотипических признаков у рыб, междисциплинарный характер исследования, большой объем выборок, применение современных методов анализа, и четкость формулировки основных защищаемых положений подтверждают обоснованность сделанных выводов.

Автор установил, что содержание T_3 в популяциях леща и плотвы имеет четко выраженную сезонную динамику, причем концентрация гормона видоспецифична. Гормон легко поглощается эмбрионами из воды и накапливается в их организме, при этом обнаружены эффективные механизмы контроля чрезмерного содержания гормона, которые требуют дополнительных исследований. Такие морфологические признаки, как число глоточных зубов, общее число позвонков и число лучей плавников, коррелированы с уровнем содержания гормона щитовидной железы. При развитии в растворе экзогенного T_3 у обоих видов сокращается число глоточных зубов, позвонков и лучей плавников. У некоторых особей с наиболее сильной реакцией на гормон исчезают брюшные плавники, и наблюдается редукция костей тазового пояса. В свою очередь, ингибитор гормона (раствор тиомочевины) приводит к замедлению роста и развития обоих видов, а также к увеличению числа глоточных зубов. Изменение числа позвонков влияет на форму тела рыб и способность их к плаванию, при этом рыбы с удлиненным телом и большим числом позвонков могут успешно существовать в комплексных (гетерогенных) местообитаниях, таких как скальные осыпи или каменистые перекаты.

В целом, полученные результаты отличаются высокой научной новизной, что подтверждается их публикацией в таких высокоимпактовых журналах, как Biochemical Systematics and Ecology и Journal of Applied Ichthiology.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты изучения сезонной изменчивости концентраций тиреоидных гормонов у рыб могут быть использованы в аквакультуре и воспроизводстве промысловых видов. Полученные данные могут быть внедрены в учебный процесс, в том числе при подготовке курсов лекций и практических занятий.

В плане развития этих исследований, нам представляется, что выявленные статистические зависимости могут использоваться для создания прогнозных сценариев влияния изменений климата на популяции пресноводных рыб России. На основе данных о связях между уровнями концентрации трийодтиронина, температурными показателями и морфологической изменчивостью можно создать серию геоинформационных моделей, отражающих пространственное изменение ситуации в пределах ареалов обоих видов в зависимости от прошлых и будущих климатических сценариев. Серия таких моделей могла бы быть дополнительным интересным приложением полученных данных.

Прикладной интерес представляет выявление набора генов, регулирующих содержание тиреоидных гормонов, с целью возможного редактирования геномов рыб в будущем.

В качестве конкретных научных коллективов, которым следует продолжить и развивать подобные исследования, можно указать коллективы Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, ПИНРО и ТИНРО.

Замечания по диссертационной работе

1. Зависимости уровней гормональной активности от параметров среды даны как “r” (например, рис. 2 в автореферате, рис. 3.3 в диссертации, и так далее). Неясно, что это – коэффициент корреляции (Пирсона?), или же его квадрат, т.е. коэффициент детерминации? Если это коэффициент детерминации, то он обычно отражается как “R^2”. Хотя по тексту автор пишет: «Статистически значимые положительные корреляции наблюдаются между температурой воды и концентрацией Т3 в сыворотке крови…» (стр. 37). Кроме того, в ряде случаев в тексте работы и автореферата значения вероятностей ошибок первого рода даны как «P = 0.0000». На наш взгляд, если дается знак «=», то следует

дать или абсолютное значение вероятностей (например, 0.000002), или же давать их как «$P < 0.0001$», если четыре знака после запятой берется как пороговый уровень.

2. Для линий регрессионных моделей на рисунках (например, рис. 4.3 в диссертации) было бы неплохо показать 95% доверительные интервалы. Да, собственно линии регрессии визуально расходятся, но вот не нивелируются ли эти различия из-за перекрывания доверительных интервалов? В работе нет уравнений регрессионных моделей и целого набора сопутствующих параметров. Было бы неплохо такие модели привести, а также в каждом случае провести их скользящий контроль (cross-validation).
3. В тексте отсутствуют комментарии относительно возможных приложений полученных данных в систематике рыб. Скажем, некоторые виды были описаны на основании небольших морфологических различий в числе позвонков или лучей плавников. Если эти меристические признаки могут меняться под влиянием гормональной регуляции, насколько обосновано их использование в таксономических построениях, как минимум в пределах карпообразных? Если брать другие отряды, то совсем недавно был описан эндемичный вид бычка-подкаменщика из притока реки Онеги, *Cottus gratzianowi* Sideleva, Naseka et Zhidkov, 2015. Этот новый вид с очень узким ареалом отличается от обыкновенного подкаменщика немногочисленными морфологическими деталями, включая число позвонков брюшного отдела позвоночника (у онежского эндемика обычно их 10, а у *Cottus gobio* – чаще всего 11), и присутствие разветвленных лучей в срединной части грудного плавника (нередко присутствуют и часто отсутствуют, соответственно). Насколько значимыми в плане видовой самостоятельности этих номинальных таксонов могут быть такие различия, на взгляд автора диссертации?

Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и достаточно полно его отражает.

Публикации по теме диссертации

Основные результаты диссертации отражены в 6 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, в том числе 5 статей в

изданиях, которые индексируются в Web of Science, а также обсуждались на различных совещаниях и конференциях, включая зарубежные.

Заключение

Результаты работы характеризуются большим научным и практическим значением, вносят существенный вклад в решение актуальных проблем гормональной регуляции морфологической изменчивости в раннем онтогенезе как одного из факторов формообразования у пресноводных гидробионтов.

В целом следует заключить, что рецензируемая диссертационная работа является законченным квалифицированным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, в котором представлено научно-обоснованное решение современных проблем зоологии. Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 03.02.04 – зоология, п. 3 «Экология животных», п. 4 «Анатомия и морфология животных», п. 5 «Физиология, высшая нервная деятельность и поведение животных» и п. 14 «Ихтиология».

Диссертация соответствует квалификационным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и критериям, установленным пп. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», принятых Постановлением Правительства Российской федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Алексей Александрович Болотовский, несомненно, заслуживает присвоения степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 - зоология".

Отзыв ведущей организации заслушан и обсужден на заседании Института биогеографии и генетических ресурсов ФИЦКИА РАН, протокол №2 от 21 мая 2018 г.

Отзыв составлен:

Доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории молекулярной экологии и биогеографии Института биогеографии и генетических ресурсов ФИЦКИА РАН

Иван Николаевич Болотов

Сведения о составителе отзыва:

Болотов Иван Николаевич – доктор биологических наук по специальности 03.02.08 – экология; главный научный сотрудник лаборатории молекулярной экологии и биогеографии Института биогеографии и генетических ресурсов ФИЦКИА РАН, 163000, Архангельск, набережная Северной Двины, 23. Тел. +79212445322, e-mail: inepras@yandex.ru

Подпись И.Н. Болотова заверяю:

Ученый секретарь ФИЦКИА РАН,

кандидат биологических наук

Олег Николаевич Ежов

СВЕДЕНИЯ О ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

по диссертации **Болотовского Алексея Александровича**

«Роль трийодтиронина в индивидуальном развитии и формировании фенотипа плотвы *Rutilus rutilus* (L) и леща *Abramis brama* (L)»,

представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.04 – зоология.

Полное наименование организации в соответствии с Уставом	Федеральный центр комплексного изучения Арктики им. Н.П. Лаверова РАН.
Сокращенное наименование организации в соответствии с Уставом	ФИЦКИА РАН
Руководитель организации	Горбова Наталья Сергеевна, кандидат химических наук, исполняющая обязанности директора ФИЦКИА РАН
Почтовый индекс, адрес организации	163000, Архангельск, набережная Северной Двины, 23.
Телефон	(8182) 21-02-42
Адрес электронной почты	inepras@yandex.ru
Веб-сайт	http://fciarctic.ru/
Сведения о составителях отзыва	**Болотов Иван Николаевич**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории молекулярной экологии и биогеографии Института биогеографии и генетических ресурсов ФИЦКИА РАН

Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15):

1. Болотов И.Н. (2014) Пути формирования фауны Соловецкого архипелага (Белое море, северо-запад России). Зоол. журн., т. 93, № 1, с. 129–144.
2. Sendek, D. S., Novoselov, A. P., & Boznak, E. I. (2016). Genetic differentiation of coregonid fishes in pechora river. Contemporary Problems of Ecology, 9(2), 166-171.
3. Alekseeva, J. A., Andreeva, A. P., Gruzdeva, M. A., Dvoryankin, G. A., Kuzishchin, K. V., Makhrov, A. A., Novoselov, A.P. & Popov, I. Y. (2014). Freshwater ichthyofauna of Solovetsky Islands (white sea): Natural colonization and recent introductions. Russian Journal of Biological Invasions, 5(3), 125-133.
4. Novoselov, A. P. (2014). Feeding of whitefish Coregonus lavaretus pidschian (Coregonidae) in the lower reaches of the Northern Dvina River.

Journal of ichthyology, 54(10), 913-933.

5. 37. Bolotov I.N., Bespalaya Y.V., Vikhrev I.V., Aksenova O.V., Aspholm P.E., Gofarov M.Y., Klishko O.K., Kolosova Y.S., Kondakov A.V., Lyubas A.A., Paltser I.S., Konopleva E.S., Tumpeesuwan S., Bolotov N.N., Voroshilova I.S. (2015) Taxonomy and distribution of the freshwater pearl mussels (Unionoida: Margaritiferidae) in the Far East of Russia. PLoS ONE 10(5): e0122408. doi:1371/journal.pone.0122408
6. Aksenova, O. V., Bespalaya, Y. V., Bolotov, I. N., Kondakov, A. V., & Sokolova, S. E. (2016). First molecular identification of Australapatemon burti (Miller, 1923) (Trematoda: Digenea: Strigeidae) from an intermediate host Radix labiata (Rossmaessler) (Gastropoda: Lymnaeidae) in Europe. Zootaxa, 4132(4), 588-590, doi:10.11646/zootaxa.4132.4.10
7. Aksenova, O.V., Bespalaya, Y.V., Bolotov, I.N., Kondakov, A.V. (2016) First molecular identification of Diplostomum spathaceum (Rudolphi, 1819) (Trematoda: Digenea) from an intermediate host Radix auricularia (L., 1758) (Gastropoda: Lymnaeidae) in Russia. Biharean Biologist, 10(2), e161204
8. Bolotov, I. N., Bespalaya, Y. V., Gofarov, M. Y., Kondakov, A. V., Konopleva E.S., Vikhrev I.V. (2016). Spreading of the Chinese pond mussel, Sinanodonta woodiana, across Wallacea: One or more lineages invade tropical islands and Europe. Biochemical Systematics and Ecology, 67, 58-64, doi:10.1016/j.bse.2016.05.018
9. Bolotov, I. N., Vikhrev I.V., Bespalaya, Y. V., Gofarov, M. Y., Kondakov, A. V., Konopleva E.S., Bolotov, N. I., Lyubas, A.A. (2016) Multi-locus fossil-calibrated phylogeny, biogeography and a subgeneric revision of the Margaritiferidae (Mollusca: Bivalvia: Unionoida). Molecular Phylogenetics and Evolution, 103, 104-121, doi:10.1016/j.ympev.2016.07.020
10. Konopleva E.S., Bolotov, I. N., Vikhrev I.V., Gofarov, M.Y., Kondakov, A.V. (2016) An integrative approach underscores the taxonomic status of Lamellidens exolescens, a freshwater mussel from the Oriental tropics (Bivalvia: Unionidae). Systematics and Biodiversity, doi:10.1080/14772000.2016.1249530
11. Bolotov, I.N., Aksenova, O.V., Bespalaya, Y.V., Gofarov, M.Y., Kondakov, A.V.,Paltser, I.S., Stefansson, A., Travina, O.V., Vinarski, M.V. (2017). Origin of a divergent mtDNA lineage of a freshwater snail species, Radix balthica, in Iceland: cryptic glacial refugia or a postglacial founder event? Hydrobiologia, 787(1), 73-98, doi:10.1007/s10750-016-2946-9
12. Bespalaya, Y.V, Bolotov, I.N., Aksenova, O.V., Kondakov, A.V., Spitsyn, V.M., Kogut, Y.E., Sokolova, S.E. (2017) Two Pisidium species inhabit freshwater lakes of Novaya Zemlya Archipelago: the first molecular evidence. Polar Biology, doi:10.1007/s00300-017-2119-y

13. Bolotov, I.N., Kondakov, A.V., Vikhrev, I.V., Aksenova, O.V., Bespalaya, Y.V. Gofarov, M.Y., Kolosova, Y.S., Konopleva, E.S., Spitsyn, V.M., Tanmuangpak, K. & Tumpeesuwan, S. (2017) Ancient River Inference Explains Exceptional Oriental Freshwater Mussel Radiations. Scientific Reports, 7, 2135, doi:10.1038/s41598-017-02312-z

14. Bolotov, I.N., Vikhrev, I.V., Kondakov, A.V., Konopleva, E.S., Gofarov, M.Yu., Aksenova, O.V. & Tumpeesuwan, S. (2017b) New taxa of freshwater mussels (Unionidae) from a species-rich but overlooked evolutionary hotspot in Southeast Asia. Scientific Reports, 7, 11573, doi:10.1038/s41598-017-11957-9

15. Bolotov, I.N., Makhrov, A.A., Gofarov, M.Yu., Aksenova, O.V., Aspholm, P.E., Bespalaya, Yu.V., Kabakov, M.B., Kolosova, Yu.S., Kondakov, A.V., Ofenböck, T., Ostrovsky, A.N., Popov, I.Yu., von Proschwitz, T., Rudzīte, M., Rudzītis, M., Sokolova, S.E., Valovirta, I., Vikhrev, I.V., Vinarski, M.V., Zotin, A.A. (2018) Climate Warming as a Possible Trigger of Keystone Mussel Population Decline in Oligotrophic Rivers at the Continental Scale. Scientific Reports, 8: 35. DOI:10.1038/s41598-017-18873-y

Ио директора ФИЦКИА РАН, к.х.н. Н.С. Горбова