

Отзыв

официального оппонента о диссертации Тетериной Анастасии Алексеевны «Генетическая история малой изолированной популяции атлантической трески *Gadus morhua* острова Кильдин», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.07 – генетика.

Актуальность. В данной работе актуальность определяется прежде всего тем, что атлантическая треска характеризуется высокой экологической пластичностью, способна обитать при различных градиентах абиотических условий (солености, температуры, глубин). С биологической точки зрения у атлантической трески выделяют разные типы миграционного поведения: одни особи совершают протяженные нерестовые и пищевые миграции в глубоководные районы моря (мигрирующий экотип), другие особи не перемещаются на большие расстояния и остаются в мелководной прибрежной зоне (стационарный экотип). Между данными экотипами была показана генетическая дифференциация по трем геномным регионам, относящимся к трём разным группам сцепления и составляющим около 4% генома.

Структура работы. Диссертация имеет классическую структуру, состоит из Введения, Обзора литературы, Результатов, Обсуждения, Заключение, Выводов, Список литературы и Приложения. Суммарно Работа изложена на 116 страницах, список литературы состоит из 187 работ, из которых 160 на иностранных языках, имеется 12 таблиц и 19 рисунков.

Публикации и апробация работы.

Результаты исследования были представлены автором на международной конференции «Молекулярно-генетические подходы в таксономии и экологии» (г. Ростов-на-Дону, 2013г.), школе «Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов» (г. Звенигород, 2013), международной школе-конференции «Биология – наука XXI века» (г. Пущино, 2013), международных конференциях «Moscow Conference on Computational Molecular Biology» (г. Москва, 2015) и «Genome Evolution Conference» (Rehovot, Israel, 2016). Материалы работы были представлены на сессиях аспирантов, семинарах лаборатории генетических проблем идентификации ИОГен РАН в 2012-2015гг. Апробация работы проходила 29 сентября 2016 г. на

межлабораторном семинаре ИОГен РАН. По результатам работы вышло 2 статьи в изданиях рекомендованных ВАК, одна работы находятся в печати и еще одна работа готовится в печать.

Во **Введении** изложена информация, касающаяся распространения атлантической трески, ее таксономическая структура и описаны особенности кильдинской трески. Треска – морская рыба, однако у неё описано несколько изолированных популяций, населяющих солоноватые либо меромиктические прибрежные озера. Эти озера располагаются как в географических районах, которые входили в ареал вида в прошлом, так и в районах, которые атлантическая треска населяет в настоящее время (Харди и др. 2008). Одним из таких озер является меромиктическое озеро Могильное на острове Кильдин в Баренцевом море. Кильдинская треска – эндемик озера Могильное, занесена в Красную книгу России и таксономически определена как *Gadus morhua kildinensis* (Дерюгин 1920). Само озеро полностью изолировалось от Баренцева моря, согласно геологическим данным, от тысячи до двух тысяч лет назад. Кильдинская треска обитает в узком переходном соленом слое озера, запертая между верхним пресным и нижним ядовитым сероводородным слоем. Она отличается от морской трески морфологически, физиологически и поведенчески. Однако ни происхождение данной популяции (от стационарного или мигрирующего экотипа), ни возраст, ни дальнейшая её эволюционная история не были известны. Именно эти вопросы и стали основным предметом исследования, изложенного в рассматриваемой работе. Диссертация А.А. Тетериной посвящена изучению эволюционных и экологических последствий длительной изоляции атлантической трески, а также истории колонизации изолированных водоемов, является интересной и важной научной задачей, позволяющей узнать больше о возможности адаптации трески и других видов морских рыб к экстремальным условиям обитания и позволит детально проанализировать генетические процессы, происходящие в малых изолированных природных популяциях. Поэтому поставленная цель и задачи исследования достаточно обоснованы и логичны.

В Обзоре литературы изложены весьма подробные сведения по современным представлениям о биологии, генетике, структуре и состоянию озерных популяций атлантической трески. Вторая часть главы посвящена сведениям об

озере Могильном на острове Кильдин, его генезису на протяжении голоцена, гидрологии и гидрохимии водоема, фауне гидробионтов. Тщательно изложены достижения предшествующих генетических исследований кильдинской трески. И, наконец, заключительные разделы главы носят сугубо теоретический характер и посвящены проблеме влияния факторов эволюции на генетическую динамику малых популяций. В разделе Заключение главы I автор весьма обосновано указывает на фрагментарность генетических данных по кильдинской треске и перечисляет существующие вопросы, основанные на материале имеющихся генетических данных по кильдинской треске: статус генетического состояния, основные популяционные параметры и демографическая история; времени репродуктивной изоляции кильдинской популяции и её происхождения.

В Материалах и методах в полной мере изложены характеристики использованного материала, собранного по щадящей технологии, что особенно примечательно, поскольку кильдинская треска является краснокнижным видом. В географическом плане материал подобран весьма корректно, согласно поставленным задачам. В молекулярно-генетическом анализе были задействованы 15 микросателлитных локусов, что на 9 локусов превышало проанализированных в предшествующих работах. Также были проамплифицированы и отсеквенированы два фрагмента мтДНК и 3 локуса ядерной ДНК, и, что особо ценно, было осуществлено полногеномное секвенирование кильдинской трески на базе пула из 33 особей. Статистическая обработка полученных данных характеризуется полнотой, основательностью и четкой направленностью, всецело соответствуя поставленным цели и задачам. В результате был предпринят подробный анализ меж- и внутривидового состояния, а также дана оценка взаимосвязи рассматриваемой озерной малой популяции с основными экологическими типами атлантической трески. Все это свидетельствует о высоком профессионализме диссертанта и методической корректности работы.

В Результаты исследования весьма обосновано и убедительно представлены все основные факты по генетической структуре и состоянию популяции кильдинской трески: нейтральность, однозначный приоритет дрейфа

генов в динамике генетических процессов, критично малая эффективная численность и отсутствие контактов с вероятными исходными морскими популяциями. Все полученные данные надежно подтверждены разнообразными статистическими тестами и расчетами, что в свою очередь существенно повышает уровень доверия к работе и представленному материалу.

При обсуждении результатов автором приведены оценки и изложены возможные интерпретации выявленных фактов. По большей части достаточно обоснованы рассуждения по поводу генетической дивергенции озерной и морской атлантической трески, популяционно-генетических характеристик кильдинской трески, сравнительного анализа генетического разнообразия озерной и морской трески. Особое внимание привлекает раздел, посвященный анализу инбредной депрессии и генетического груза выполненный весьма изящно. Вызывает уважение также раздел обосновывающий мероприятия по сохранению кильдинской трески, основанные на генетических данных.

Научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Следует признать, что представленная работа характеризуется выраженной научной значимостью: впервые анализируется по совокупности разнородных генетических маркеров стадо кильдинской трески (ядерных и митохондриальных). Также впервые проведено её полногеномное секвенирование и сравнение с мигрирующим и стационарным экотипами трески. Впервые оценены её популяционно-генетические параметры по большому набору генетических маркеров и по геному в целом. Впервые проанализирована генетико-демографическая история кильдинской трески: даны оценки её эффективной численностей и времени её дивергенции от морской предковой популяции.

Изучение эволюционных и в особенности генетических последствий длительной изоляции атлантической трески, а также истории колонизации изолированных водоемов, является интересной и важной научной задачей, позволяющей узнать больше о возможности адаптации трески и других видов морских рыб к экстремальным условиям обитания. Также изучение кильдинской трески позволяет пролить свет на генетические процессы, происходящие в малых изолированных природных популяциях. Важное практическое значение имеет оценка состояния этой краснокнижной популяции

в настоящее время, чтобы, используя данные оценки, отслеживать динамику состояния кильдинской трески в будущем, так как при малой численности данная популяция очень уязвима и ее сохранение зависит не только от состояния ее места обитания, озера Могильное, но и генетических характеристик самой популяции.

Замечания к работе немногочисленны и по сути не сказываются на выводах исследования. Некоторые замечания возникают только по вопросу оценок времени дивергенции (в 1800 лет) при соотнесении их с количественными показателями параметров генетической изменчивости (в частности гетерозиготность по микросателлитным локусам, гаплотипическое и нуклеотидное разнообразия по митохондриальным локусам). Представляется малообоснованным объяснение исключительно за счет действия эффекта основателя достижение необыкновенно сильного падения генразнообразия за столь короткий период. Наблюдаются определенные противоречия в утверждениях, изложенных в разделах 4.1 и 4.5 главы 4, прежде всего по проблемам селективной значимости локусов и происхождения кильдинской трески от мигрирующего экотипа. Складывается впечатление, что автор до конца не определился с нейтральностью локусов, на основании которых формируется предположения о происхождении. Данные по двум локусам инверсии вступают в противоречие с данными полногеномного секвенирования и локусами мтДНК, последние в большей степени свидетельствуют в пользу стационарного экотипа, как источника происхождения кильдинского стада. Сделанные замечания ни в коей мере не умаляют вышеупомянутых достоинств работы и в целом обоснованности выводов и скорее должны приниматься в качестве пожеланий для дальнейшего развития работы этого направления исследований.

Заключение

Диссертационная работа Тетериной Анастасии Алексеевны «Генетическая история малой изолированной популяции атлантической трески *Gadus morhua* острова Кильдин» соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положения о порядке присуждения ученых степеней постановления правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., изложенным в пунктах 9 – 14, предъявляемым к диссертациям на соискание

ученой степени кандидата наук, а автор работы, Тетерина Анастасия Алексеевна, несомненно, заслуживает присвоения искомой степени кандидата биологических наук по специальности 03.02.07 – генетика.

Заведующий лабораторией эволюционной экологии, к.б.н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук (ИБВВ РАН), 152742, Ярославская обл, Некоузский р-н, п. Борок, ИБВВ РАН .

+7 (48547) 245 70, syv@ibiw.yaroslavl.ru



Слынько Юрий Владиславович

