

## ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПОДРАЗДЕЛЕННОСТЬ КЕТЫ И ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ

М.В. Шитова<sup>1</sup>, М.Е. Бурякова<sup>2</sup>, Г.А. Рубцова<sup>1</sup>, К.И. Афанасьев<sup>1</sup>, Т.В. Малинина<sup>1</sup>, А.М. Орлов<sup>2</sup>, Л.А. Животовский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Учреждение Российской академии наук Институт общей генетики им. Н.И.Вавилова РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, e-mail: shitova-m@rambler.ru

### Введение

В последние годы началось активное изучение популяционной структуры различных видов животных, в том числе и рыб, с привлечением молекулярно-генетических маркеров. В связи с этим накопился достаточно большой материал по современной генетической структуре популяций многих видов рыб. В процессе исследовательской работы неизбежен вопрос о причинах, которые могли сформировать современную картину популяционно-генетической структуры того или иного вида.

На примере тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Tilesius) и кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) мы рассмотрим некоторые из возможных причин, которые могли повлиять на формирование современной картины популяционно-генетической структуры выше названных видов по микросателлитным маркерам.

### Краткая характеристика биологии видов

Кета – один из видов тихоокеанских лососей, ее жизненный цикл состоит из двух периодов – пресноводного (особи кеты идут на нерест в пресную воду и примерно около пары месяцев после выклева личинки нагуливаются в реках и озерах) и морского (молодь скатывается в море и продолжает нагуливаться сначала в эстуарных участках, затем удаляясь все дальше от берега и совершая миграции в открытые воды северной части Тихого океана и Берингово море). Во время анадромных миграций кета возвращается на нерест в те же реки, в которых была произведена на свет. Нерестится один раз в жизни, самки откладывают икру в речной грунт.

Тихоокеанская треска в отличие от кеты – типично морская рыба. Образует относительно изолированные самовоспроизводящиеся популяции, совершает сезонные нерестовые и нагульные миграции. Нерест трески в целом на всём ареале происходит в зимне-весенний период. В северных районах сроки нереста смещаются к весне (март-апрель), в южных к зиме (январь-февраль). В первом случае для размножения треска отходит от берегов на материковый склон, где теплее, во втором наоборот, приближается к берегам, на участки с более низкими температурами. Икра донная с клейкой оболочкой, личинки также обитают в придонных слоях.

### Материалы и методы

В работу вошли 89 выборок кеты (объем каждой выборки около 40–50 шт.) по 10 микросателлитным локусам. Исследование охватывает только ареал кеты Российского Дальнего Востока (Курильские о-ва, р.Амур, о.Сахалин, магаданское побережье северной части Охотского моря, Камчатка, р.Анадырь). Выборки были собраны за период с 2003 г. по 2007 г. (Афанасьев и др., 2008а; 2008 б)

Также в работу вошло семь выборок трески (объем каждой выборки около 40–50 шт.) по 4 микросателлитным локусам. Шесть выборок трески были пойманы у российского побережья (западная часть Берингова моря (Наваринский и Корякский районы), Охотское море – Западная Камчатка, тихоокеанская сторона Южных и Северных Курильских о-вов, Западный Сахалин), и одна выборка из канадских вод (провинция Британская Колумбия). Сбор материала проводился в период с 2005 г. по 2008 г. (Бурякова и др., 2009).

### Результаты и обсуждение

В процессе анализа генетической дифференциации кеты и тихоокеанской трески было выявлено относительное сходство пространственной картины дифференциации исследуемых видов.

Как и у трески, так и у кеты наиболее дифференцированной оказалась южная часть ареала, по сравнению с северной частью. Граница, разделяющая эти части, примерно совпадает у обоих видов и проходит в районе 50°с.ш.

У кеты южная часть ареала включает в себя выборки с Южных Курильских островов (Итурупа и Кунашира), Сахалина и Амура. В то время как довольно большой кластер, включающий выборки северной части ареала (Магадан, Камчатка, р.Анадырь) имеет более слабую генетическую подразделенность по сравнению с южной частью ареала (Zhivotovsky, 2009; Афанасьев, 2008).

На первом уровне генетической иерархии кета дифференцируется на два больших кластера, это кета Южных Курильских островов и кета остальных популяций в указанной части ареала. Степень дифференциации – 6,4% (величина значима т.к. нижняя граница бутстрэп-интервала больше нуля, бутстрэп-интервал от 3,7% до 10,4%) . Каждая из этих ветвей подразделена еще на ряд группировок. Южно-Курильская кета делится на популяции о. Итуруп и о. Кунашир (степень дифференциации 1,2% [0,7–1,6]). Кета о. Итуруп в свою очередь подразделена еще на ряд субпопуляций (степень дифференциации между реками о. Итурупа 0,74% [0,24–1,4]).

В другом кластере, включающем все остальные популяции кеты (кроме Южно-Курильских островов), выделяются группы популяций о. Сахалин (юго-западный, северный и восточный, южный и юго-восточный Сахалин – степень дифференциации внутри острова 2,9% [1,7–4,4]), р. Амур и группа популяций северной части ареала – Камчатка, Магадан, р. Анадырь. Последняя в свою очередь подразделяется на ряд субпопуляций, но степень их дифференциации относительно мала – 1,2% [0,8–1,8] – по сравнению с вышеперечисленными районами южной части ареала, хотя по географической протяженности этот район сравним с территорией южной части ареала.

Похожая картина наблюдается и у тихоокеанской трески (Бурякова и др., 2009). На дендрограмме выделяются две крупные группы: первая включает в себя выборки из акваторий Охотского и Берингова морей и тихоокеанских вод Канады (т.е. северная часть ареала), вторая – Сахалино-Курильского региона (южная часть ареала). Дифференциация между этими группами 7% (нижняя граница бутстрэп-интервала положительная 0.0093). Дифференциация между попарно сравниваемыми выборками южной части ареала значима во всех трех сравнениях (между сахалинской выборкой и южно-курильской – 7% (нижняя граница бутстрэп-интервала 0.011 между сахалинской выборкой и северо-курильской – 3% (нижняя граница бутстрэп-интервала 0.004), между южно-курильской и северо-курильской – 1,4% (нижняя граница бутстрэп-интервала 0.002). Внутри группы популяций из северной части ареала дифференциация не значима  $\theta_p=0.6\%$ , т.к. нижняя граница бутстрэп-интервала отрицательная –0,006). Из приведенных результатов видно, что северная часть ареала тихоокеанской трески не имеет значимой дифференциации, а южная часть ареала подразделена как минимум на три группы популяций. Возможно при расширении ареала исследовательской работы и увеличении числа микросателлитных маркеров картина популяционно-генетической структуры трески станет более подробной и появиться возможность более детально оценить дифференциацию популяций этого вида.

На основании вышеизложенного возникает обоснованный вопрос: В чем причина такого сходства дифференциации популяций столь различающихся видов?

На наш взгляд для объяснения этого факта надо обратиться к палеогеографическим событиям в Дальневосточном регионе и в частности к периоду плейстоценовых оледенений.

Ряд авторов постулируют несколько рефугиумов в которых кета пережила периодические оледенения. Полякова с соавторами (2006), основываясь на данных по мтДНК, говорит о двух рефугиумах для азиатской кеты. Один из них соответствует бассейну Японского моря и связанной с ним в прошлом речной системе палео-Суйфуна (Линдберг, 1972). Современные популяции этого региона считаются более древними по сравнению с остальными популяциями азиатского региона (Полякова и др., 2006; Салменкова и др., 1992; Варнавская, 2006). Другой – южная часть Охотского моря и речная система в прошлом – палео-Амур (Линдберг, 1972). Популяции этого района также считаются более древними, по сравнению с североохотоморскими (Магадан). Последние, в свою очередь, вместе с Камчатскими стадами относятся к относительно молодым популяциям (Полякова и др., 2006; Салменкова и др., 1992), которые, по-видимому, заселили северную часть ареала в относительно недавнее время, после отступления ледников.

То есть, кета южной части ареала представляет собой более древние популяции, чем кета северной части ареала. По-видимому, этот факт и объясняет более выраженную генетическую дифференциацию южной кеты по микросателлитным маркерам, так как эти популяции существуют более длительное время, чем северные популяции.

Относительно проникновения трески в Тихий океан существует две точки зрения. По одной из них треска проникла в Тихий океан в плиocene, по другой – перед или во время ледникового по-

холодания (Световидов, 1940). Световидов (1940) склоняется ко второй версии времени заселения Тихого океана треской, т.е. в межледниковый период, когда она проникла сюда вокруг Северной Америки (Световидов, 1940), то есть ее распространение шло с севера на юг.

В данном контексте более древними должны считаться северные популяции трески, но с учетом палеогеологических событий, можно предположить, что в периоды последующих похолоданий треска покидала северные территории ареала и заселяла более южные районы ареала. И, возможно, вторичное заселение северной части ареала, после наступления нового потепления, уже происходило из южных рефугиумов. По-видимому, это и объясняет более выраженную дифференциацию южной части ареала трески, чем северной части.

Однако все вышеизложенные предположения не исключают и влияния других факторов (например, особенности биологии трески или недостаточная изученность ее популяционно-генетической структуры) на формирования сходства картин популяционной структуры кеты и тихоокеанской трески. Для более четких заключений требуется дальнейшее исследование популяций трески, более детальное изучение структуры популяций этого вида на азиатском ареале и расширение набора микросателлитных локусов для более устойчивой оценки.

*Работа поддержана грантами РФФИ №08-04-0045а, Программ президиума РАН «Генофонды и био-разнообразие».*

### Литература

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Шитова М.В., Малинина Т.В., Животовский Л.А., 2008а. Межрегиональная дифференциация Азиатской кеты // Тезисы докладов международной конференции «Генетика, селекция, гибридизация, племенное дело и воспроизводство рыб», С.-П., 10–12 сентября, с. 11.

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Шитова М.В., Малинина Т.В., Животовский Л.А., 2008б. Межрегиональная дифференциация кеты Сахалина и Южных Курил по микросателлитным локусам // Генетика, том 44, №7, с.956–963

Бурякова М.Е., Шитова М.В., Орлов А.М. 2009. Микросателлитная изменчивость тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) // Материалы конференции молодых ученых Биосфера земли: назад в будущее. Екатеринбург, апрель (в печати).

Варнавская Н. В., 2006. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей. Изд-во КамчатНИРО., Петропавловск-Камчатский, 488 с.

Линдберг Г.У., 1972. Крупные колебания уровня океана в четвертичный период. Л.; Наука. 548с.

Полякова Н.Е., Семина А.В., Брыков В.А. 2006. Изменчивость митохондриальной ДНК кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) и ее связь с палеогеологическими событиями в северо-западной части пифики // Генетика, том 42, №10, с.1388–1396.

Салменкова Е. А., Омельченко В. Т., Алтухов Ю.П. 1992. Геногеографическое исследование популяций кеты, *Oncorhynchus keta* (Walbaum), в Азиатской части видового ареала // Генетика, т. 28, №1. С. 76–92.

Световидов А.Н. 1940. О географическом распространении тресковых и других семейств *Gadiformes* // Бюллетень М. О-ва Исп. Природ. Отд. Биологии. Т. XLIX(1). С.50–59.

Zhivotovsky L.A., Afanasiev K.I., Rubtsova G.A., Shitova M.V., Malinina T.V., Rakitskaya T.A., Prokhorovskaya V.D., Chereshev I.A., Bachevskaya L.T., Brykov V.A., Kovalev M.Yu., Shevljakov E.A., Fedorova L.K., Borzov S.I., Pogodin V.P., Kaev A.M., Sidorova S.V., 2009. Differentiation of Asian populations of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) at microsatellite loci // Presentation abstracts, February, p. 22, <http://www.stateofthesalmon.org/conference2009>.

## РАЗМЕРНЫЙ СОСТАВ И ЛИПИДНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ У АМФИПОД БЕЛОГО МОРЯ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ОБИТАНИЯ

Г.А. Шкляревич<sup>1</sup>, В.В. Богдан<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Петрозаводский Государственный университет, г. Петрозаводск, Россия

<sup>2</sup>Учреждение Российской академии наук Институт биологии

Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск

e-mail: gash@psu.karelia.ru

Для Белого моря, как и для всех северных морей, особенно актуальна проблема устойчивого развития прибрежных экосистем, которые являются наиболее продуктивными, но и особо уязвимыми. Для исследования изменений в функционировании экосистем литорали эколого-биологические