

## ОТОЛИТОМЕТРИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА ПОПУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ *GADUS MACROCEPHALUS* (GADIDAE, TELEOSTEI)

А.М. Орлов, П.К. Афанасьев

[Orlov A.M., Afanasiev P.K. Otolithometry as possible tool of the analysis of Pacific cod *Gadus macrocephalus* (Gadidae, Teleostei) population structure]

Лаборатория тихоокеанского бассейна, Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Москва, ул. В. Красносельская, 17, 107140, Россия. E-mail: orlov@vniro.ru

Laboratory of Pacific Ocean basin, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, V. Krasnoselskaya Street 17, Moscow, 107140, Russia. E-mail: orlov@vniro.ru

**Ключевые слова:** тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus*, отолиты, популяционная структура, северная часть Тихого океана

**Key words:** Pacific cod *Gadus macrocephalus*, otoliths, population structure, the North Pacific Ocean

**Резюме:** Исследовали отолиты тихоокеанской трески из 13 выборок, включавших 12 районов ее обитания в российских дальневосточных водах (от Приморья в Японском море до м. Наварин в западной части Берингова моря) и один район в северо-восточной части Тихого океана (воды Британской Колумбии, Канада). Статистический анализ позволил выявить группировки трески, отличающиеся друг от друга по ряду индексов и разобщенные географически. Данный метод может быть рекомендован для исследований популяционной структуры в комплексе с морфологическими исследованиями, мечением, изучением экологии и анализом ДНК.

**Summary:** Pacific cod otoliths from 13 sample series obtained from 12 localities within the Russian Far East waters (from Primorye in the Sea of Japan to Navarin Cape in the western Bering Sea) and 1 in the northeastern Pacific (waters of British Columbia, Canada) were investigated. Statistical analysis by a number of indices allowed to distinguish geographically isolated Pacific cod groupings. This method might be recommended for population structure researches along with morphological studies, tagging, ecological researches and DNA analysis.

### ВВЕДЕНИЕ

Тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus* широко распространена в прибрежных водах Северной Пацифики от залива Санта-Моника в Северной Калифорнии (США) и Циндао в Желтом море (Китай) на юге до Берингова пролива на севере [Линдберг, Легеза, 1965; Марти, 1971; Никольский, 1971; Bakkala et al., 1984; Борец, 1997; Богданов, 2006].

Несмотря на более чем вековой период исследований тихоокеанской трески [Моисеев, 1953] многие вопросы, связанные с ее биологией и особенностями популяционной структуры, остаются малоизученными [Борец, 1997], при том что популяционным исследованиям придается особое значение [Шунтов, 1988; Строганов, Орлов, 2006].

Предшествующие популяционные исследования тихоокеанской трески [Петрова-Гычкова, 1948, 1954; Тихонов, 1955; Вершинин, 1984; Дьяков, 1991; Борец, 1997, Ким, Полтев, 1998], в основу которых было положено сравнение морфологических особенностей, темпов роста и локализации нерестовых скоплений, выявили в пределах российских дальневосточных вод до 13 популяционных группировок. Тем не менее популяционный статус трески в некоторых районах (северная часть Охотского моря, северо-западная часть Японского моря и др.) до сих пор не исследовался.

Одним из методов популяционных исследований, получивших широкое развитие в мире в последние десятилетия, является отолитометрия [Samrana, Casselman, 1993]. Результаты проведенных исследований показали пригодность данного метода для изучения популяционной структуры целого ряда видов: минтая *Theragra chalcogramma* [Nishimura, Yanagimoto, 2001; Пашенко, Грицай, 2001], атлантической скумбрии *Scombrus scombrus* [Castonguay et al., 1991], атлантической трески

*Gadus morhua* [Berg et al., 2005; Jónsdóttir et al., 2006; Stransky et al., 2008a], дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* [Легенькая, 1999], круглой сардинеллы *Sardinella aurita* [Чешева, Зимин, 2004], северного морского окуня *Sebastes borealis* [Orlov et al., 2007], пикши *Melanogrammus aeglephimus* [Begg, Brown, 2000; Begg et al., 2001], атлантической сельди *Chupea harengus* [Messieh, 1972; Bird et al., 1986], сёмги *Salmo salar* [Friedland, Reddin, 1994], европейской ставриды *Trachurus trachurus* [Stransky et al., 2008b], горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* [Ефанов, Хоревин, 1979], европейского удильщика *Lophius piscatorius* [Cañas et al., 2012] и других.

Исследования популяционной структуры тихоокеанской трески с помощью отолитометрии немногочисленны и были ограничены до сих пор только водами Камчатки и западной части Берингова моря [Вершинин, 1987; Дьяков, 1991; Винников, Давыденко, 1998]. Кроме того, они были основаны на исследовании ограниченного числа измерений отолитов (длина, ширина, толщина, масса).

Целью данной работы является анализ различий отолитов тихоокеанской трески из 13 выборок, включающих 12 районов ее обитания в российских дальневосточных водах (от Приморья в Японском море до м. Наварин в западной части Берингова моря) и один район в северо-восточной части Тихого океана (воды Британской Колумбии, Канада), с использованием большего числа признаков (длина, ширина, толщина, масса, периметр и площадь), и выяснение применимости его результатов в изучении популяционной структуры вида.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для настоящей статьи послужили отолиты тихоокеанской трески, выловленной донными тралами в 12 различных районах российских вод и водах Британской Колумбии (рис. 1). Географическое происхождение, число рыб, у которых были взяты отолиты

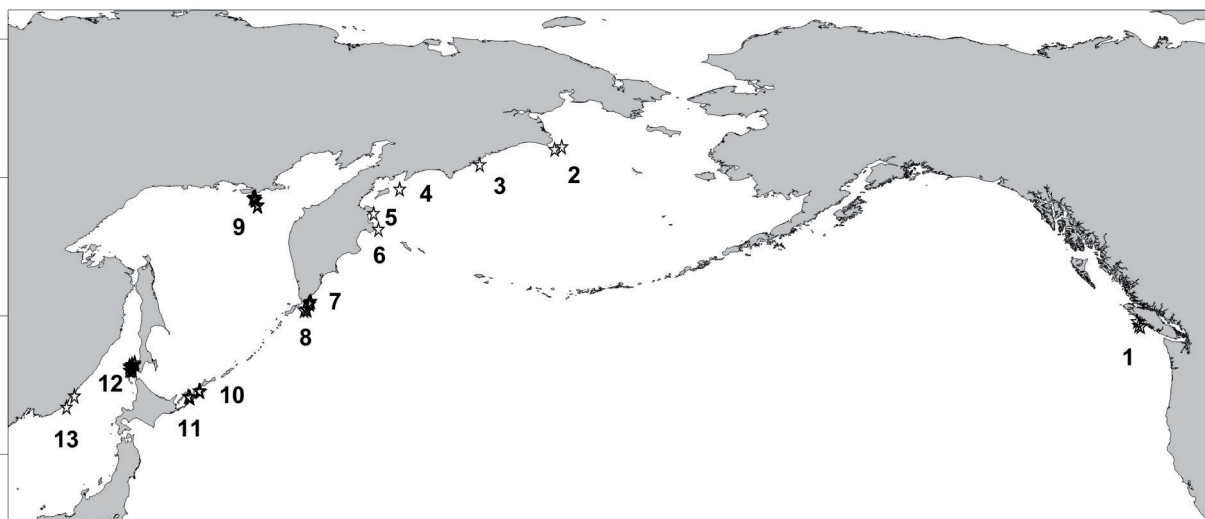


Рис. 1. Расположение мест сбора отолидов тихоокеанской трески в северной части Тихого океана (звездочки – места сбора отолидов, цифры – районы сбора в соответствии с табл. 1)

Fig. 1. Location of sites of Pacific cod otolith samples in the North Pacific (asterisks – otoliths sample sites, numbers- areas of samples according to table 1)

ты для анализа, и их размерно-весовая характеристика представлены в таблице 1.

Поскольку у подавляющего большинства видов рыб, включая тихоокеанскую треску, размеры правого и левого отолидов статистически не различаются, а также не зависят от пола рыбы [Willie Ehcheverria, 1987; Hunt, 1992; Harvey et al., 2000; Munk, Smikrud, 2002], измеряли только один отолит (наименее поврежденный). С помощью электронного штанген-циркуля с точностью до 0,01 мм проводили измерение длины (ЛО), ширины (НО) и толщины (ТО) отолида; с помощью электронных весов с точностью до 0,001 г измеряли массу отолида (ВО). Также используя компьютерную программу ImageJ (Image Processing and Analysis in Java), определяли периметр (РО) и площадь (СО) отолида по фотоизображению, полученному с помощью цифровой фотокамеры.

Статистический анализ выполняли в соответствии с методиками, описанными в ряде аналогичных публикаций [Campana, Casselman, 1993; Stransky, MacLellan, 2005; Schulz-Mirbach et al., 2008; Stransky et al., 2008a, 2008b]. Для каждой выборки проводили проверку на нормальность распределения (тест Шапиро-Уилка), проверку гипотезы о равенстве дисперсий (тест Левена) и коррекцию размеров – стандартизацию [Stransky et al., 2008a, 2008b], поскольку размеры отолидов зависят от размеров рыб [Pawson, 1990], а треска в выборках была представлена существенно различающимися по длине и массе тела особями (табл. 1).

Сравнение выборок на основе имеющихся данных о размерах и массе отолидов проводили методом дискриминантного анализа в программе Statistica 6.0. При проведении дискриминантного анализа использовали десятичные логарифмы от абсолютных значений размеров и массы отолидов [Schulz-Mirbach et al., 2008]. Анализ проводили при минимальном допустимом значении дискриминации  $\alpha = 0,01$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного анализа показали, что дискриминантная функция 1, главным образом, обусловлена различиями в значениях SO (площадь отолида). Дискриминантная функция 2 была практически в равной степени обусловлена различиями в значениях НО (ширина отолида),

ТО (толщина отолида) и РО (периметр отолида). Различия в значении ЛО (длина отолида) практически не коррелировали ни с одной из этих двух функций (табл. 2). Можно сделать предположение, что различия в значении LO1 в рассматриваемых группировках, по всей видимости, не зависят от географической принадлежности выборки.

Графический результат дискриминантного анализа представлен на рисунке (цвет. табл. VII), из которого видно, что некоторые выборки группируются обособленно друг от друга. При рассмотрении выборок относительно дискриминантной функции 1 можно отметить, что выделяется обособленность «южной» группы выборок от «северной». Первая группа в основном представлена выборками из тихоокеанских вод о-вов Итуруп и Кунашир, побережья Юго-Восточной Камчатки, зал. Озерной и побережья северных Курильских о-вов, а также относительно обособленной выборкой из зал. Петра Великого. К «северной» группе выборок можно отнести образцы из вод Юго-Западного Сахалина, Британской Колумбии, Наваринского и Корякского районов, Карагинского залива и северной части Охотского моря. Как уже было сказано выше, дискриминантная функция 1, главным образом, обусловлена различиями в значениях SO1. Исходя из результатов, представленных на рисунке 1, можно заключить, что для «южных» выборок характерны большие значения площади отолидов. Также следует отметить, что по дискриминантной функции 2 от всех прочих отличается выборка из Наваринского района. Кроме того, выделяются наиболее плотно сгруппированные выборки из вод юго-восточного побережья Камчатки и северных Курильских о-вов, которые образуют на рисунке единый кластер.

На представленном рисунке отражено большое число выборок из географически значительно удаленных регионов, и, возможно, поэтому он несколько сложен для восприятия. По этой причине был отдельно проведен дискриминантный анализ для выборок из Японского и Охотского морей и Южных Курильских о-вов, результаты которого представлены на рисунке (цвет. табл. VIII: 1). Как следует из рисунка, исследованные выборки также разделились на две группы. Сахалинская выборка сгруппировалась вместе с выборкой из северной части Охотского моря, а выборки из вод южных Курильских островов сгруппировались совме-

Таблица 1

## Характеристика материалов, использованных в статье

№	Район	Число рыб	TL, см	Масса, г
1	Британская Колумбия	99	<u>33,6-67,2</u> 47,97±8,26	<u>367-3456</u> 1296,1±700,9
2	Наваринский район	91	<u>34,6-75,5</u> 56±8,86	<u>500-6575</u> 2278,41±1130,07
3	Корякский район	50	<u>35,4-73,1</u> 48,23±8,23	<u>515-5620</u> 1509±964,26
4	Карагинский залив	44	<u>31,2-50,5</u> 38,09±3,86	<u>310-1541</u> 618,43±220,15
5	Озерной залив	48	<u>57-83</u> 69,75±6,98	<u>2400-9000</u> 4352,08±1388,86
6	Камчатский залив	96	<u>30,6-85</u> 61,95±11,86	<u>918-8300</u> 3177,95±1793,16
7	Юго-Восточная Камчатка	50	<u>35,5-78,5</u> 58,83±13,5	<u>435-7820</u> 3157,4±2024,04
8	Тихоокеанские воды Северных Курильских о-вов	98	<u>42-76,5</u> 60,68±7,42	<u>850-6100</u> 2681,84±1055,99
9	Северная часть Охотского моря	69	<u>31,5-62</u> 47,7±6,43	<u>450-2790</u> 1357,97±519,16
10	Тихоокеанские воды о. Итуруп	45	<u>46,5-94</u> 69,43±10,02	<u>1000-7700</u> 4220,22±1808,72
11	Тихоокеанские воды о. Кунашир	47	<u>24-86,5</u> 61,99±15,72	<u>180-7000</u> 3368,72±1930,42
12	Юго-Западный Сахалин	81	<u>19-82</u> 43,28±13,95	<u>132-6500</u> 1104,41±1241,08
13	Зал. Петра Великого	50	<u>58-105</u> 85,7±10,6	<u>1900-14400</u> 7026±2625,61

TL – общая длина, над чертой колебания признака, под чертой – среднее значение ± стандартная ошибка

но с приморской выборкой. Полученные нами результаты отолиометрического анализа в целом неплохо согласуются с результатами исследований популяционной структуры тихоокеанской трески генетическими методами [Строганов и др., 2009а, 2009б, 2010; Бурякова и др., 2010а].

Помимо проведения дискриминантного анализа были рассчитаны попарные значения расстояний Махаланобиса (мера расстояния между векторами случайных величин, обобщающая понятие евклидова расстояния). Используя матрицу расстояний, в программе Statistica 6.0 выборки были нанесены на двухмерный плот, который представлен на рисунке (цвет. табл. VIII: 2).

Представленный рисунок также демонстрирует обособленность выборки из Наваринского района. Как видно из рисунка, к выборке из вод Юго-Западного Сахалина ближе всего выборка из северной части Охотского моря. Этот вывод противоречит результатам генетических исследований [Шитова и др. 2009], согласно которым выборки трески сахалинских вод ближе к курильским выборкам. По нашим данным, выборка из вод северных Курильских о-вов группируется совместно с выборками из Камчатского залива и вод Юго-Восточной Камчатки. Совместно группируются выборки из вод о-вов Итуруп и Кунашир (что выглядит вполне логично), а выборка из зал. Петра Великого располагается обособленно.

Полученные нами результаты позволяют сделать некоторые выводы. Тихоокеанская треска южной части ареала отлична от трески северной части ареала, что было ранее показано на основании генетических исследований [Строганов и др., 2009а, 2009б, 2010; Бурякова

и др., 2010а] и связывается с особенностями формирования ее популяционной структуры под воздействием трансгрессий и регрессий вод Мирового океана и формирования рельефа в северотихоокеанском регионе в плейстоцен-голоценовый период [Stroganov, Orlov, 2012]. Полученные данные также свидетельствуют о достаточной обособленности группировок трески зал. Петра Великого, зал. Озерной, Наваринского района, северной части Охотского моря, вод Южных Курильских о-вов, вод Юго-Западного Сахалина.

На отличия внешних морфологических признаков трески зал. Петра Великого и Татарского пролива указывала Петрова-Тычкова [1948], что согласуется с результатами наших исследований. Различия морфометрических признаков трески Татарского пролива от таковых у особей из вод Южных Курильских островов были показаны Кимом и Полтевым [1998]. На различия популяционного статуса трески северной части Японского моря и вод Хоккайдо – Южных Курильских о-вов на основании локализации нерестовых скоплений и промысловых участков указывал Борец [1997]. Таким образом, учитывая результаты наших и предшествующих исследований, можно заключить, что группировки трески из Японского моря и Южных Курильских островов имеют различный популяционный статус, что может быть обусловлено историей формирования популяционной структуры под действием периодической изоляции Японского моря (например, в ледниковые периоды) от тихоокеанских вод [Stroganov, Orlov, 2012].

Обособленность трески Наваринского района может быть следствием того, что в этом районе проис-

**Таблица 2**  
**Структура дискриминантных функций\***

Структура дискриминантных функций 1 и 2		
Признак	Дискриминантная функция 1	Дискриминантная функция 2
LO	0.000342	- 0.000008
HO	0.045310	0.407126
TO	0.060161	0.225679
SO	0.246548	0.170951
PO	0.054320	0.231914

\*обозначения признаков см. в разделе «Материал и методика»; серым цветом выделены признаки, максимально влияющие на значения дискриминантной функции

ходит смешение нагульных скоплений, мигрирующих сюда после зимовки из вод восточного побережья Камчатки и восточной части Берингова моря [Бурякова и др., 2010б]. На специфические темпы роста наваринской трески, отличающие ее от других группировок, указывала Петрова-Тычкова [1954].

Наши результаты также показывают сходство трески из вод тихоокеанского побережья Северных Курильских о-вов и Юго-Восточной Камчатки. Эти выводы согласуются с результатами Тихонова [1955], который по меристическим признакам отмечал обособленность трески вод Юго-Восточной Камчатки от особей, населяющих смежные акватории, а также Борца [1997], который выделял группировку трески восточного побережья Камчатки по локализации ее нерестовых и промысловых скоплений. В то же время Вершинин [1984] по данным морфометрии противопоставлял группировку трески юго-восточного побережья Камчатки и Камчатского залива.

Наши результаты указывают на обособленность трески зал. Озерной, что пока плохо поддается объяснению. Поскольку данный залив является смежным между тихоокеанскими и берингоморскими водами, возможно, мы в этом случае также имеем место со смешанной группировкой, которая в период нагула состоит из особей, мигрирующих сюда из заливов восточного побережья Камчатки и западной части Берингова моря.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог проведенным исследованиям, можно констатировать, что популяционная структура тихоокеанской трески на протяжении ареала, безусловно, неоднородна и представлена рядом популяционных группировок. Результаты проведенного анализа показывают, что отолиметрия может рассматриваться в качестве полезного инструмента для исследований популяционной структуры рыб. Вместе с тем в некоторых случаях с ее помощью невозможно найти объяснения полученных результатов, поскольку сходство отдельных признаков отолитов в разных районах может быть обусловлено близкими условиями обитания (температурный режим, химический состав воды, кормовая база и т.п.). Поэтому рассматриваемый метод должен использоваться с достаточной осторожностью и лишь в качестве дополнительного инструмента. По нашему мнению, исследования

популяционной структуры рыб должны основываться на комплексном подходе, включающем изучение морфологических признаков, эколого-биологических особенностей, мечение, отолиometriю и анализ ДНК с применением различных генетических маркеров.

### БЛАГОДАРНОСТИ

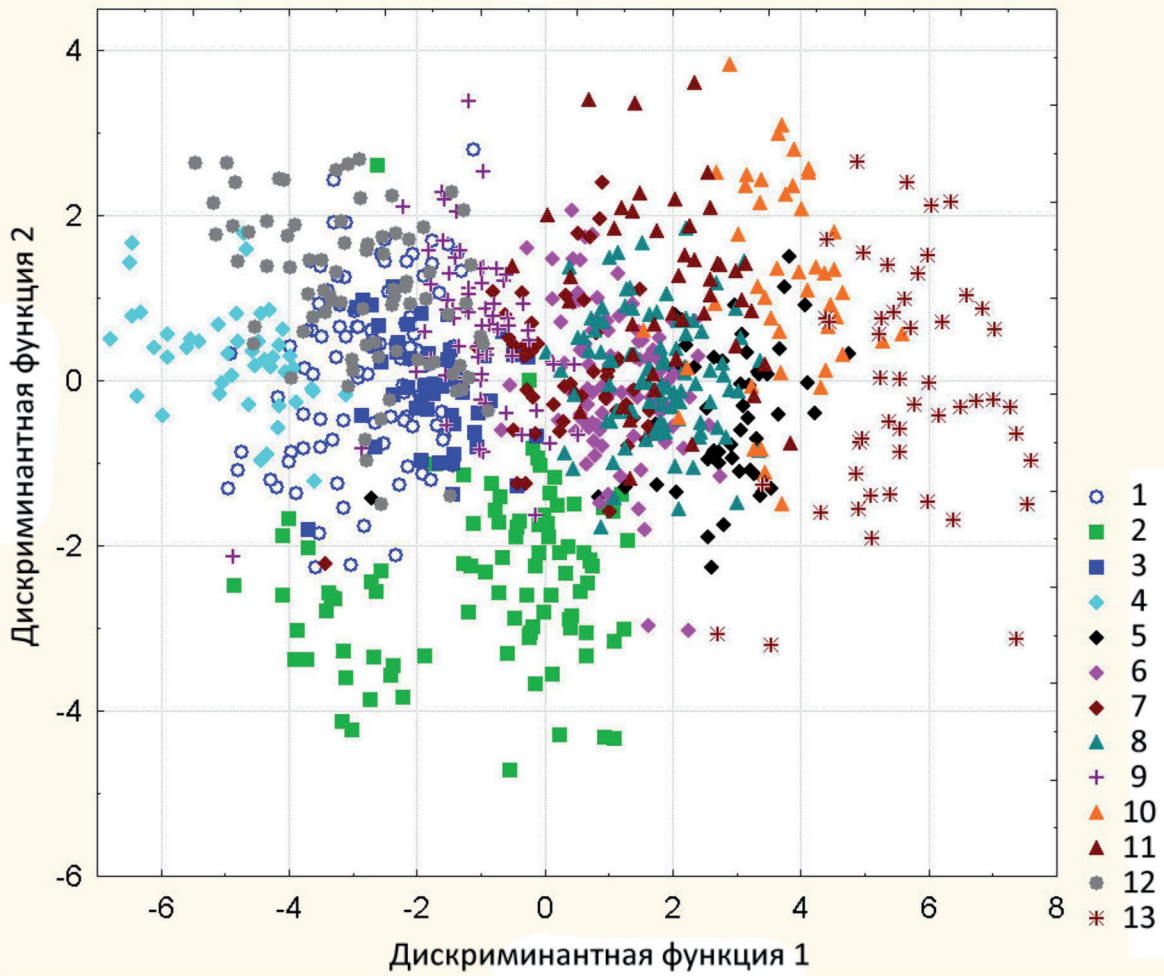
Авторы выражают глубокую благодарность своим коллегам Гордону МакФарлейну (Gordon McFarlane, Pacific Biology Station, Nanaimo, British Columbia, Canada), А.В. Винникову и Р.Л. Баганову (ЧукотТИНРО, г. Анадырь), А.А. Смирнову (МагаданНИРО, г. Магадан), И.Н. Мухаметову и Ким Сен Току (СахНИРО, г. Южно-Сахалинск) за предоставленные в их распоряжение отолииты тихоокеанской трески. Авторы также искренне признательны М.Е. Буряковой и А.В. Ходакову (ВНИРО) за техническую помощь в измерении отолитов.

Подготовка данной статьи выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках гранта РФФИ 13-04-00803 «Расселение и эволюционные взаимосвязи популяций тихоокеанской трески в Охотском море».

### ЛИТЕРАТУРА

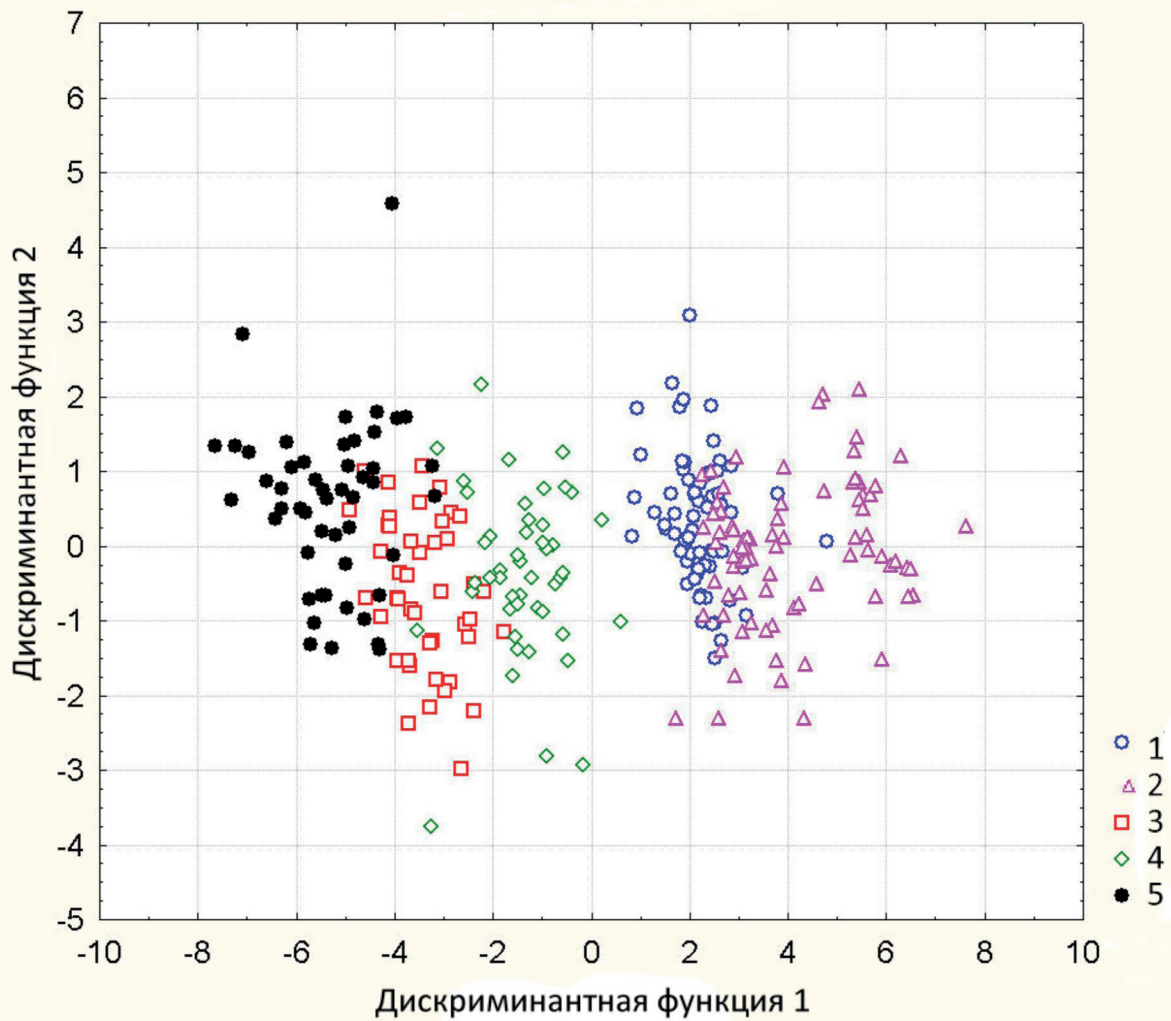
- Борец Л.А., 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-центр. 217 с.
- Богданов Г.А., 2006. Тихоокеанская треска. Вопросы биологии и запасы. М.: ИПФ «Сашко», 136 с.
- Бурякова М.Е., Орлов А.М., Афанасьев К.И., Новомодный Г.В., Каика А.И., Мухаметов И.Н., 2010а. Генетическая изменчивость трески *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) Охотского моря и Курильских островов // Стратегия развития России и национальная морская политика в Арктике: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. Мурманск, 14-15 сентября 2010 г. Мурманск: Изд-во Мурманского гос. техн. ун-та. С. 69-70.
- Бурякова М.Е., Орлов А.М., Ходаков А.В., Савиных В.Ф., 2010б. Сезонная и многолетняя динамика распределения трески в зоне разграничения морских пространств РФ и США // Международная рыбохозяйственная деятельность Российской Федерации на современном этапе. Труды ВНИРО. Т. 149. С. 302-318.
- Вершинин В.Г., 1984. Биология и промысел трески северо-западной части Тихого океана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 21 с.
- Винников А.В., Давыденко В.А., 1998. К вопросу о популяционной структуре тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) прикамчатских и сопредельных вод по результатам отолиометрии // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Вып. 4. Петропавловск-Камчатский: КамчатТИНРО. С. 33-38.
- Дьяков Ю.П., 1991. О морфологической гетерогенности западнокамчатской трески // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Вып. 1. Ч. 1. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО. С. 144-150.
- Ефанов В.Н., Хоревин Л.Д., 1979. О возможности дифференциации популяций горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.) по размерам ее отолитов // Вопр. ихтиологии. Т. 19. № 4. С. 734-737.
- Ким Сен Ток, Полтев Ю.Н., 1998. Внутривидовая дифференциация тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Til. (Gadiformes, Gadidae) в водах Сахалина и Курильских островов средствами морфометрического анализа // Изв. ТИНРО. Т. 124. С. 747-757.
- Легенькая С.А., 1999. Возможности использования ото-

- литометрии для выяснения популяционной структуры наваги // Изв. ТИНРО. Т. 126. С. 271-275.
- Линдберг Г.У., Легеза М.И., 1965. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 2. М.-Л.: Наука, 392 с.
- Марти Ю.Ю., 1971. Трескоподобные // Жизнь животных. Том 4. Рыбы (под ред. Т.С. Расса). М.: Просвещение. С. 377-387.
- Моисеев П.А., 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. Т. 40. С. 1-288.
- Никольский Г.В., 1971. Частная ихтиология. М.: Высш. шк. 472 с.
- Пашенко В.М., Грицай Е.В., 2001. Географическая изменчивость морфологических признаков отолигов минтая // Изв. ТИНРО. Т. 128. С. 304-311.
- Петрова-Тычкова М.А., 1948. Меристические признаки трески дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. Т. 28. С. 127-137.
- Петрова-Тычкова М.А., 1954. Материалы по биологии трески Наваринского района // Изв. ТИНРО. Т. 42. С. 269-276.
- Строганов А.Н., Орлов А.М., 2006. Тихоокеанская треска: значение популяционно-генетических исследований // Рыб. хоз-во. № 3. С. 44-45.
- Строганов А.Н., Орлов А.М., Афанасьев К.И., Бурякова М.Е., Рубцова Г.А., 2009а. Предварительные данные по изменчивости трех микросателлитных локусов у тихоокеанской *Gadus macrocephalus* и атлантической *G. morhua* трески (Gadidae) // Вопр. ихтиологии. Т. 49. № 2. С. 191-199.
- Строганов А.Н., Орлов А.М., Бурякова М.Е., Афанасьев К.И., 2009б. О генетической дифференциации тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810 (Gadiformes: Gadidae) // Биол. моря. Т. 35. № 6. С. 436-439.
- Строганов А.Н., Орлов А.М., Афанасьев К.И., Бурякова М.Е., 2010. Изменчивость микросателлитных локусов в популяциях тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus* Tilesius) (Gadidae) // Вест. Мос. Унта. Сер. 16. Биол. № 2. С. 35-39.
- Тихонов В.И., 1955. К морфологической характеристике андырской трески // Изв. ТИНРО. Т. 43. С. 193-194.
- Чешева З.А., Зимин А.В., 2004. Использование отолиометрии для выяснения популяционной структуры круглой сардинеллы *Sardinella aurita* (Clupeidae) Центрально-Восточной Атлантики // Вопр. ихтиологии. Т. 44. № 5. С. 669-673.
- Шитова М.В., Бурякова М.Е., Рубцова Г.А., Афанасьев К.И., Малинина Т.В., Орлов А.М., Животовский Л.А., 2009. Палеогеография и генетическая подразделенность кеты и тихоокеанской трески // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера: Материалы XXVIII международной конференции. 5-8 октября 2009 г., г. Петрозаводск, Республика Карелия. С. 643-645.
- Шунтов В.П., 1988. Биологические ресурсы дальневосточных морей: перспективы изучения и освоения // Биол. моря. № 3. С. 3-14.
- Begg G.A., Brown R.W., 2000. Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis // Trans. Am. Fish. Soc. Vol. 129. No. 4. P. 935-945.
- Begg G.A., Overholtz W.J., Munroe N.J., 2001. The use of internal otolith morphometrics for identification of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stocks on Georges Bank // Fish. Bull. Vol. 99. No. 1. P. 1-14.
- Berg E., Sarvas T.H., Harbitz A., Fevolden S.E., Salberg A.B., 2005. Accuracy and precision in stock separation of north-east Arctic and Norwegian coastal cod by otoliths – comparing readings, image analyses and a genetic method // Mar. Freshwat. Res. Vol. 56. No. 5. P. 753-762.
- Bird J.L., Eppler D.T., Checkley D.M., Jr., 1986. Comparisons of herring otoliths using Fourier series shape analysis // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 43. No. 6. P. 1228-1234.
- Campana S.E., Casselman J.M., 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 50. No. 5. P. 1062-1083.
- Cañas, L., Stransky, C., Schlickeisen, J., Sampedro, M.P., Celso Fariña, A., 2012. Use of the otolith shape analysis in stock identification of anglerfish (*Lophius piscatorius*) in the Northeast Atlantic // ICES J. Mar. Sci. Vol. 69. P. 250-256.
- Castonguay M., Simard P., Gagnon P., 1991. Usefulness of Fourier analysis of otolith shape for Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) stock discrimination // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 48. No. 2. P. 296-302.
- Friedland K.D., Reddin D.G., 1994. Use of otolith morphology in stock discriminations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 51. No. 1. P. 91-98.
- Harvey J.T., Loughlin T.R., Perez M.A., Oxman D.S., 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the Eastern North Pacific Ocean // U.S. Dept. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS 150. 36 p.
- Hunt J.J., 1992. Morphological Characteristics of otoliths for selected fish in the Northwest Atlantic // J. Northw. Atl. Fish. Sci. Vol. 13. P. 63-75.
- Jónsdóttir I.G., Campana S.E., Marteinsdóttir G., 2006. Otolith shape and temporal stability of spawning groups of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) // ICES J. Mar. Sci. Vol. 63. P. 1501-1512.
- Messiah S.N., 1972. Use of otoliths in identifying herring stocks in the southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters // J. Fish. Res. Board Can. Vol. 29. No. 8. P. 1113-1118.
- Munk K.M., Smikrud K.M., 2002. Relationships of otolith size to fish size and otolith ages for yelloweye *Sebastes ruberrimus* and quillback *S. maliger* rockfishes // Reg. Inf. Rep. No. 5J02-05. Juneau: Alaska Department of Fish and Game. 50 p.
- Nishimura A., Yanagimoto T., 2001. Review of Pollock structure studies in the Japanese Institute. 1. Phenotypic characteristic and otolith application studies // Tech. Rep. Hokkaido Natl. Fish. Res. Inst. No. 5. NP.
- Orlov A.M., Abramov A.A., Stolyarova E.V., 2007. Use of otolithometry to determine Asian shorttraker rockfish population structure // Biology, Assessment, and Management of North Pacific Rockfishes. Alaska Sea Grant College Program. AK-SG-07-01. P. 207-221.
- Pawson M.G., 1990. Using otolith weight to age fish // J. Fish. Biol. Vol. 36. P. 521-531.
- Schulz-Mirbach T., Stransky C., Schlickeisen J., Reichenbacher B., 2008. Differences in otolith morphologies between surface- and cave-dwelling populations of *Poecilia mexicana* (Teleostei, Poeciliidae) reflect adaptations to life in an extreme habitat // Evol. Ecol. Res. Vol. 10. P. 537-558.
- Stransky C., MacLellan S.E., 2005. Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis // Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 62. No. 10. P. 2265-2276.
- Stransky C., Baumann H., Fevolden S-E., Harbitz A., Høie H., Nedreaas K.H., Salberg A-B., Skarstein T.H., 2008a. Separation of Norwegian coastal cod and Northeast Arctic cod by outer otolith shape analysis // Fish. Res. Vol. 90. P. 26-35.
- Stransky C., Murta A.G., Schlickeisen J., Zimmermann C., 2008. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in the Northeast Atlantic and Mediterranean // Fish. Res. Vol. 89. P. 159-166.
- Stroganov A.N., Orlov A.M., 2012. Special characteristics of the formation of population structure in Pacific Cod // Advances in Zoology Research. Vol. 2. (Jenkins O.P., ed.). New York: Nova Science Publishers, Inc. P. 169-185.
- Wyllie Echeverria T., 1987. Relationship of otolith length to total length in rockfishes from northern and central California // Fish. Bull. Vol. 85. No. 2. P. 383-387.



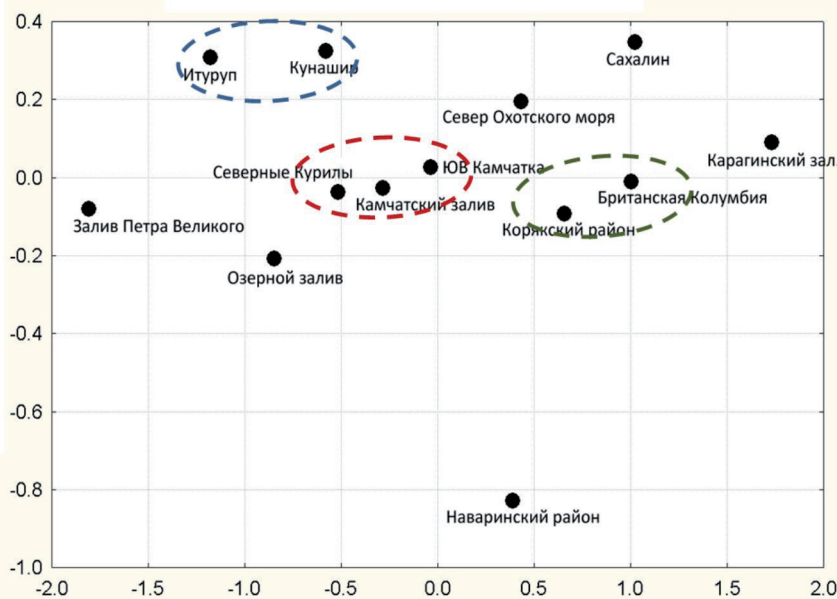
Результаты дискриминантного анализа тихоокеанской трески (выборки: 1 – Британская Колумбия; 2 – Наваринский район; 3 – Корякский район; 4 – зал. Карагинский; 5 – зал. Озерной; 6 – зал. Камчатский; 7 – Юго-Восточная Камчатка; 8 – северные Курилы; 9 – северная часть Охотского моря; 10 – о. Итуруп; 11 – о. Кунашир; 12 – юго-западный Сахалин; 13 – Залив Петра Великого).

Results of discriminant analysis of Pacific cod (samples: 1 – British Columbia, 2 – Navarin area, 3 – Koryak area, 4 – Karaginsky Bay, 5 – Ozernoi Bay, 6 – Kamchatsky Bay, 7 – southeastern Kamchatka, 8 – northern Kurils, 9 – northern Sea of Okhotsk, 10 – Iturup Isl., 11 – Kunashir Isl., 12 – southeastern Sakhalin, 13 – Peter the Great Bay).



1. Результаты дискриминантного анализа трески Японского и Охотского морей и Южных Курильских о-вов (выборки: 1 – северная часть Охотского моря; 2 – Юго-Западный Сахалин; 3 – о. Итуруп; 4 – о. Кунашир; 5 – залив Петра Великого).

1. Results of discriminant analysis of Pacific cod from the Sea of Japan, Sea of Okhotsk and southern Kurils (samples: 1 – northern Sea of Okhotsk, 2 – southeastern Sakhalin, 3 – Iturup Isl., 4 – Kunashir Isl., 5 – Peter the Great Bay).



2. Распределение выборок в двумерном пространстве на основе попарных значений расстояний Махалонобиса.

2. Distribution of samples in two-dimensional space based on pairwise values of Mahalanobis distances.