

Среда обитания  
водных биологических ресурсов

Диагноз и прогноз условий среды обитания гидробионтов

УДК 551.46:639.24

Формирование локальных фронтальных зон  
и мезомасштабная динамика вод в южной части Тихого океана

О.Ю. Краснобородько

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «АтлантНИРО»), г. Калининград  
E-mail: krasnoborodko@atlantniro.ru

По результатам спутниковых измерений температуры поверхностного слоя вод и альтиметрических измерений высоты уровенной поверхности океана рассмотрена динамика локальных фронтальных зон и мезомасштабных вихрей, существенно влияющих на распределение ставриды в южной части Тихого океана. Установлены закономерности развития этих процессов и определены параметры основных элементов мезомасштабной динамики вод. Полученные результаты могут быть использованы для выявления зон повышенной биологической и промысловой продуктивности вод в обширных по площади океанических районах промысла, а также для прогноза перемещений промысловых скоплений ставриды.

**Ключевые слова:** южная часть Тихого океана, климатические и локальные фронтальные зоны, мезомасштабные вихри, распределение ставриды.

## ВВЕДЕНИЕ

Открытие и освоение (1978–1991 гг.) отечественными учёными и рыбаками нового района круглогодичного промысла ставриды *Trachurus murphy* [Аникеев и др., 2010] в южной части Тихого океана (ЮТО) и результаты интенсивных экспедиционных работ, проводившихся параллельно с промыслом, а также двух российских научно-исследовательских экспедиций 2002–2003 и 2009–2010 гг., поставили перед отечественной промысловой океанологией много задач, наиболее важные из которых следующие:

1. Исследовать причины межгодовых изменений биомассы запаса гиперпопуляции ставриды, существующей в Тихом океане в полосе 25–45° ю.ш. от берегов Чили до берегов Новой Зеландии;

2. Выявить механизмы формирования скоплений ставриды промыслового характера для оптимальной расстановки добывающего флота на исключительно большой по площади акватории ареала ставриды.

С учётом площади промыслового района и сложности влияния океанологических процессов на распределение промысловых скоплений вторая задача представляется в настоящее время весьма важной для создания научного обеспечения возобновления российского промысла ставриды в ЮТО, которое планируется в ближайшие годы.

В период интенсивных исследований района научно-поисковыми судами было установлено, что скопления рыбы промыслового характера чаще всего были приурочены к градиентным зонам в поле температуры поверхности океана,

которые обусловлены существованием в ЮТО хорошо выраженных климатических и локальных фронтов [Грузинов, 1986]. Однако региональные особенности фронтогенеза и мезомасштабной динамики вод в этом районе к настоящему времени изучены недостаточно.

В научной литературе уже рассматривались вопросы структуры и динамики фронтальных зон ЮТО, их сезонных и межгодовых вариаций в связи с изменчивостью региональных гидрометеорологических полей [Скрипалева, 2008; Артамонов и др., 2009], а также особенностей распределения в пределах фронтов биологических объектов, в т.ч. промысловых [Waluda, Rodhouse, 2006]. Однако результатов этих работ недостаточно для разработки научно-обоснованных рекомендаций по оптимальной расстановке промыслового флота и ведения эффективного промысла в столь большом по площади районе, как ЮТО.

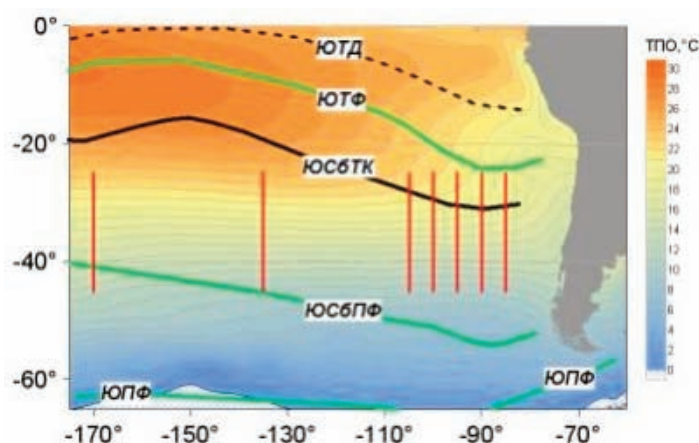
Современные представления о структуре и динамике фронтов ЮТО основаны главным образом на архивных данных океанологических съёмках отечественных и зарубежных судов, выполнявшихся в разных районах и в разные годы и сезоны. В последние два десятилетия в распоряжении исследователей появились новые океанологические данные, которые могут стать основой для понимания механизмов фронтогенеза в верхнем слое и уточнения представлений о мезомасштабной динамике вод, влияющей на распределение ставриды в этом важном

районе российского промысла за пределами исключительных экономических зон прибрежных государств. Прежде всего, это спутниковые измерения температуры поверхности океана (ТПО) и высоты его урвенной поверхности. Кроме того, это результаты зондирования толщи вод океана дрейфующими измерительными буями международного проекта «Арго».

Цель настоящей работы состоит в изучении динамики локальных фронтальных зон и мезомасштабных вихрей на основе совместного анализа массивов спутниковых измерений ТПО и результатов альтиметрических измерений высоты урвенной поверхности океана. При этом уточняется структура и сезонная изменчивость климатических фронтальных зон.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Выделение фронтальных зон в ЮТО и анализ их сезонных изменений проводились по данным климатических норм ТПО архива IGOSS. Массив содержит данные ТПО в узлах регулярной сетки  $1^\circ \times 1^\circ$ , осредненные за период 1971–2000 гг. Методика расчётов и анализа данных в основном соответствовала изложенной в работе [Артамонов и др., 2009]. В ЮТО фронтальные зоны имеют преимущественно зональную протяжённость, поэтому анализ проводился для семи меридиональных разрезов от  $85^\circ$  до  $170^\circ$  з.д. между параллелями  $25^\circ$ – $45^\circ$  ю.ш. (рис. 1), вдоль которых расчи-



**Рис. 1.** Меридиональные разрезы, вдоль которых исследовалась сезонная изменчивость фронтов ЮТО. Конфигурация главных климатических фронтов приведена в соответствии с работой В.М. Грузинова [Грузинов, 1986]. Принятые сокращения: ЮТД — южная тропическая дивергенция, ЮТФ — южный тропический фронт, ЮСбТК — южная субтропическая конвергенция, ЮСбПФ — южный субполярный фронт, ЮПФ — южный полярный фронт

тивались меридиональные градиенты температуры (МГТ, °С/градус широты).

Положение фронтальных зон на меридиональных разрезах определялось по наличию экстремумов в МГТ. Наибольшие абсолютные величины МГТ соответствовали положению климатических фронтов, а локальные экстремумы — положению локальных фронтов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе анализа данных по ТПО исследована пространственно-временная изменчивость климатических фронтов ЮТО. Она характеризуется следующими основными особенностями (рис. 2):

1. На акватории ЮТО наблюдается общее понижение величин ТПО при продвижении с севера на юг, носящее преимущественно ступенчатый характер, который обусловлен наличием фронтальных зон с повышенными градиентами ТПО;

2. Фронтальные зоны ЮВТО являются сложными динамическими образованиями, характеризующимися наличием значительных сезонных вариаций поля ТПО. Выделяются климатические фронтальные зоны, существующие круглый год, которые разделяют разные типы водных масс, а также локальные фронтальные зоны, разделяющие модификации водных масс и появляющиеся только в определенные месяцы года;

3. В пределах ареала ставриды ЮТО («ставридного пояса») между 25–45° ю.ш. в течение года наблюдаются две фронтальные зоны — ЮСбТФ на востоке (между 85–105° з.д.) и ЮСбПФ на западе (между 135–170° з.д.);

4. Основной фронтальной зоной, в пределах которой проходит жизненный цикл ставриды ЮТО, является ЮСбТФ, а в центральной и западной частях — вероятно, ЮСбПФ;

5. В сезонном цикле наблюдается заметное смещение ЮСбТФ и ЮСбПФ по широте: летом—осенью южного полушария — на юг, зимой—весной — на север.

6. Сезонное возрастание величин МГТ во фронтальных зонах является следствием сближения или слияния их второстепенных ветвей друг с другом и/или с основной ветвью фронта.

Для ЮСбТФ в ЮВТО продолжительность и ежегодные сроки наступления таких яв-

лений для его разных участков зависят от их географического положения и определяются различным влиянием гидрометеорологических условий и особенностями орографии дна в конкретном районе.

Начало сближения ветвей обычно приходится на летние месяцы (Южное полушарие) — с января по март, продолжительность — от 2 до 5 месяцев (рис. 3). В остальное время года при расхождении ветвей фронта по широте общая структура фронта усложняется, а абсолютные величины градиентов МГТ в его пределах падают.

На западе ЮТО ЮСбПФ выходит в пределы «ставридного пояса» в основном сезонно. Так, на 135° з.д. в полосе широт 25–45° ю.ш. он существует с января по март. Только в самой западной части района (170° з.д.) этот фронт присутствует круглогодично, здесь в первой половине года от него отделяются второстепенные ветви (рис. 2);

7. Сопоставление схем перемещения скопленной ставриды [Промысловые атласы ..., 1992] с сезонной динамикой ЮСбТФ и ЮСбПФ показывает, что определяющее значение для концентрации скопления ставриды в этих фронтальных зонах играет не повышение абсолютных величин МГТ при схождении их основных и второстепенных ветвей (сравнить рис. 2 и 3), а усложнение их структуры при отделении от основной ветви фронта второстепенных фронтальных зон;

8. В годовом цикле ставрида мигрирует вместе с ЮСбТФ, придерживаясь его центральной части;

9. Рассмотрение пространственно-временных характеристик мезомасштабных вихревых структур в ЮТО, выделенных по данным спутниковых альтиметрических данных, позволяет уточнить конфигурацию основных и второстепенных фронтальных зон района.

Из базы альтиметрических данных по мезомасштабным вихрям [Chelton et al., 2011] для анализа были отобраны данные о вихрях обоих знаков (циклоны и антициклоны) за период с октября 1992 г. по декабрь 2008 г. для района 25–45° ю.ш., 85–130° з.д.

Пространственно-временное осреднение параметра «время жизни вихря» выявило наличие участков, вытянутых в субширотном на-

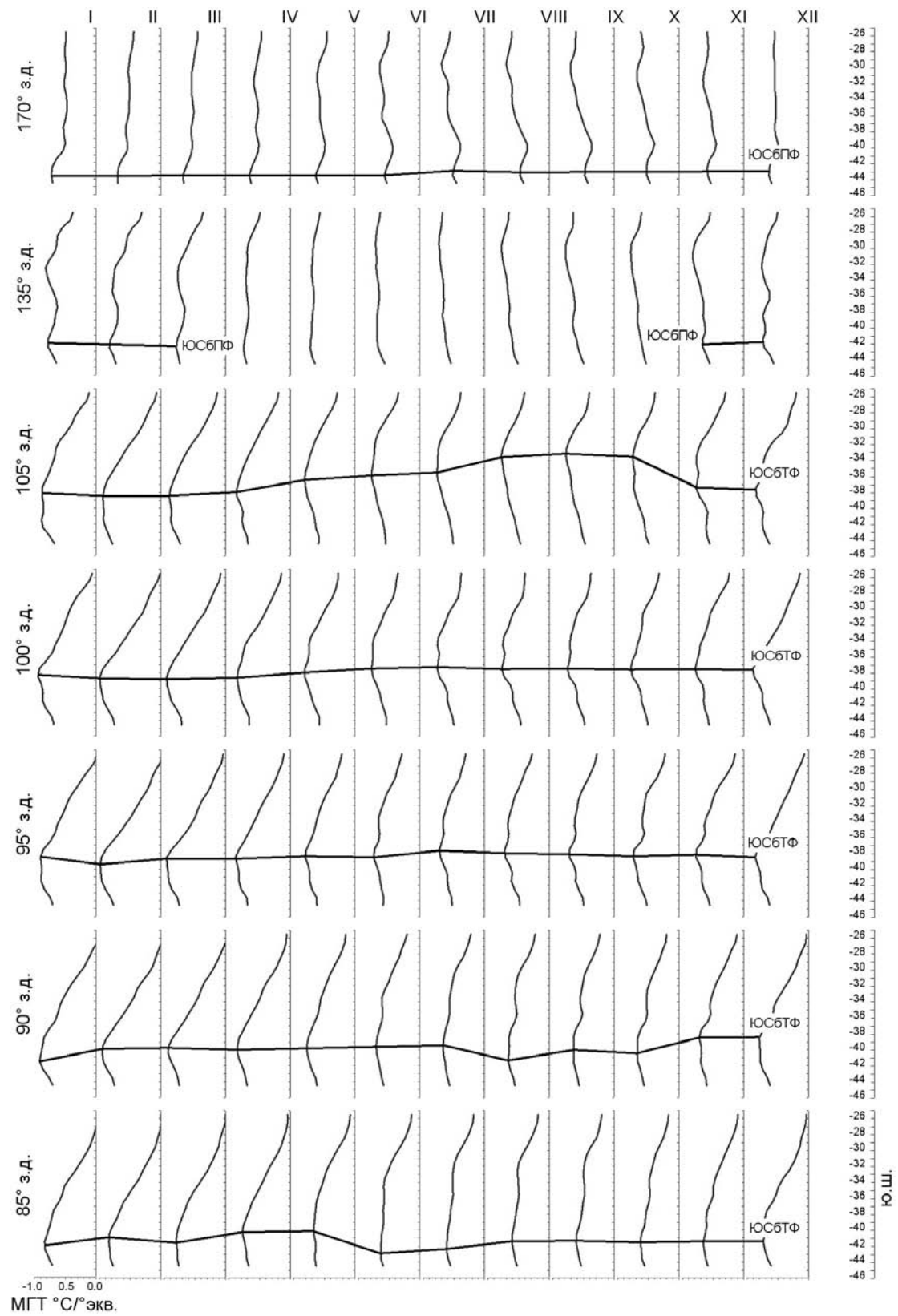
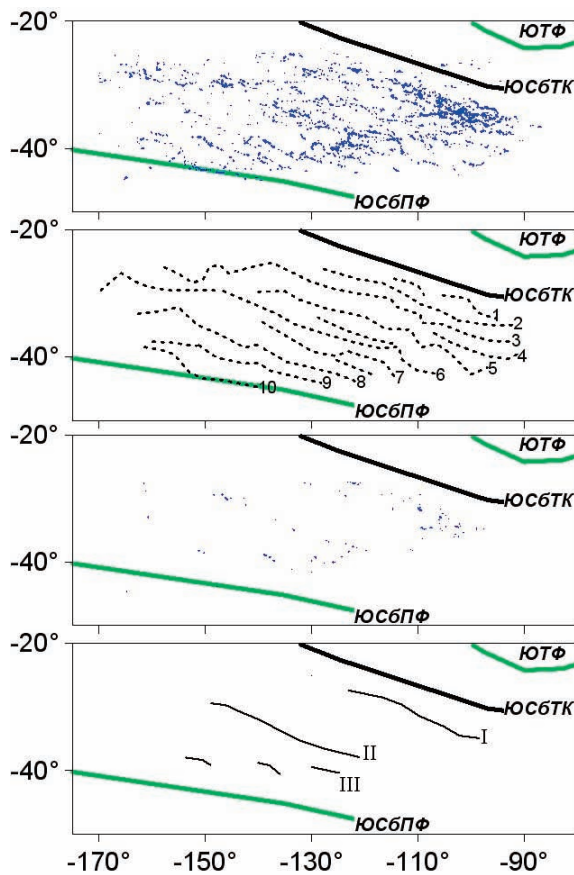


Рис. 2. Среднеклиматическое широтное распределение МГТ по месяцам вдоль меридианов 170, 135, 105, 100, 95, 90, 85° з.д., положение главных океанических и динамических фронтов



**Рис. 3.** Участки с наибольшим временем жизни мезомасштабных вихрей, конфигурация главных океанических и динамических фронтов по: [Грузинов, 1986] и предполагаемое положение динамических фронтальных зон в ЮТО: а, б — более 1 года; в, г — более 2 лет.

правлении, на которых среднее время жизни вихрей превышает 1 год (рис. 3а).

Можно предположить, что на данных участках существуют условия, способствующие долговременному поддержанию кинетической энергии вихрей на уровне, достаточном для удержания их в стабильном состоянии. Такие условия складываются на фронтальных зонах, причём, чем большим средним временем жизни вихрей характеризуется участок, тем более стабильна фронтальная зона. Таким образом, в ЮТО между ЮСбТК и ЮСбПФ по: [Грузинов, 1986] можно выделить до 10 динамических фронтальных зон, существующих в течение года (рис. 3б), из них на трёх среднее время жизни вихрей превышает 2 года (рис. 3в, г), т.е. они могут считаться квазистационарными (основными).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование позволило выявить основные мезомасштабные структуры (локальные фронтальные зоны и мезомасштабные вихри), которые могут влиять на распределение промысловых скоплений ставриды и их сезонные миграции в ЮТО. Это может служить основой для выработки рекомендаций по маневрам промыслового флота.

## ЛИТЕРАТУРА

- Аникеев В.Г., Гербер Е.М., Кухоренко К.Г., Сушин В.А. 2010. Состояние сырьевой базы ставриды южной части Тихого океана и перспективы российского рыболовства в этом районе // Рыбное хозяйство. № 3. С. 46–48.
- Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А., Бабий М.В., Галковская Л.К. 2009. Сезонная и межгодовая изменчивость гидрологических фронтов Южного океана // Украинский Антарктический журнал. № 8. С. 205–216.
- Грузинов В.М. 1986. Гидрология фронтальных зон Мирового океана. М.: Гидрометеиздат. 258 с.
- Промысловые атласы по району юго-восточной части Тихого океана за 1979–1992 гг. 1992. Калининград: Запрыбпромразведка. 84 с.
- Скрипалева Е.А. 2008. Сезонная и межгодовая изменчивость крупномасштабных температурных фронтов Тропической Атлантики по спутниковым данным // Доклады Академии наук Украины, № 12. С. 111–116.
- Chelton D.B., Schlax M.G., Samelson R.M. 2011. Global observations of nonlinear mesoscale eddies. Prog. Oceanogr. № 91. P. 167–216.
- Claire M. Waluda, Paul G. Rodhouse. 2006. Remotely sensed mesoscale oceanography of the Central Eastern Pacific and recruitment variability in *Dosidicus gigas* // Marine Ecology Progress Series. № 310. 25 p.

## REFERENCES

- Anikeev V.G., Gerber E.M., Kuhorenko K.G., Sushin V.A. 2010. Sostoyanie syr'evoy bazy stavridy yuzhnoy chasti Tihogo okeana i perspektivy rossijskogo rybolovstva v ehtom rajone // Rybnoe hozyajstvo. № 3. S. 46–48.
- Artamonov YU.V., Skripaleva E.A., Babij M.V., Galkovskaya L.K. 2009. Sezonnaya i mezhgodovaya imenchi- vost' gidrologicheskikh frontov YUzhnogo okeana // Ukrainskij Antarkticheskij zhurnal. № 8. S. 205–216.
- Gruzinov V.M. 1986. Gidrologiya frontal'nyh zon Mirovo- go okeana. M.: Gidrometeoizdat. 258 s.
- Promyslovye atlasy po rajonu yugo-vostochnoj chasti Tihogo okeana za 1979–1992 gg. 1992. Kaliningrad: Zapryb- promrazvedka. 84 s.

*Skripaleva E.A.* 2008. Sezonnaya i mezgodovaya izmenchivost' krupnomasshtabnyh temperaturnykh frontov Tro-

picheskoy Atlantiki po sputnikovym dannym // Doklady Akademii nauk Ukrainy, № 12. S. 111–116.

*Поступила в редакцию 22.08.2017 г.*

*Принята после рецензии 02.10.2017 г.*

## **Formation of local frontal zones and mesoscale dynamics of waters in the southern part of Pacific ocean**

*O.Yu. Krasnoborodko*

Atlantic Fisheries Research Institute (FSBSI «AtlantNIRO»), Kaliningrad

According to the results of satellite measurements of the temperature of the surface layer and altimetric measurements of the height of the level surface of the ocean, the features of the formation of local frontal zones and mesoscale vortices that significantly affect on the distribution of horse mackerel in the southern part of the Pacific Ocean are considered. The patterns in the development of these processes are established and the parameters of the basic elements of mesoscale water dynamics are determined. The obtained results can be used to identify zones of increased biological and commercial productivity of water in extensive oceanic areas of the fishery, as well as to predict the movement of commercial aggregations of horse mackerel.

**Keywords:** southern part of the Pacific, climatic and local frontal zones, mesoscale vortices, distribution of horse mackerel.