

УДК 597.5 (265.53/54)

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ
ДЕМЕРСАЛЬНЫХ ВИДОВ РЫБ В ЗАПАДНЫХ
И ВОСТОЧНЫХ ВОДАХ САХАЛИНА В 1983–2015 ГГ.
НА ФОНЕ ОБЩИХ КЛИМАТО-
ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
ПОСЛЕДНИХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ**

Ким Сен Ток (n.kim@sakhniro.ru)

Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (Южно-Сахалинск)

Ким, Сен Ток. Многолетняя динамика численности демерсальных видов рыб в западных и восточных водах Сахалина в 1983–2015 гг. на фоне общих климато-океанологических изменений последних десятилетий [Текст] / Ким Сен Ток // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2019. – Т. 15. – С. 3–20.

Многолетние изменения ресурсов демерсальных рыб в водах о. Сахалин под воздействием факторов среды обитания исследованы еще слабо. Представления о характере влияния окружающей среды на динамику численности рыб в регионе не сформированы. Природу и направленность этой динамики в изучаемых экосистемах предлагается определить путем оценки сопряженности трендов долгопериодных флюктуаций стад и индикаторов изменчивости среды в виде индексов климатических изменений и термического режима исследуемых морей. Динамика численности рыб в западных и восточных водах Сахалина имеет в значительной мере сходный характер. Наблюдаемые отличия выражаются в разнице амплитуды колебаний и могут быть обусловлены особенностями океанологического режима в зонах функционирования теплого Цусимского и холодного Восточно-Сахалинского течений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: многолетняя динамика, демерсальные ихтиоцены, минтай, треска, о. Сахалин, температурный режим вод, климатические индексы.

Табл. – 2, ил. – 3, библиогр. – 58.

Kim, Sen Tok. A long-term dynamics of demersal fish abundance in western and eastern Sakhalin waters in 1983–2015 against the climate-ocean driven aspects [Text] / Kim Sen Tok // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2019. – Vol. 15. – P. 3–20.

The long-term changes in demersal fish resources around Sakhalin Island under the influence of environmental factors are studied insufficiently. There are no conceptions that disclose the problem of fish stock abundance dynamics under the environmental pressure. We suggest to define nature and trends of fluctuation cycles in studied ecosystems on the base of correlations between the long-term trends of stock fluctuations and variability of environmental factors presented as climate indices and indices of thermal regime of seawaters. Dynamics of fish abundance in western and eastern Sakhalin waters are substantially similar. The observed

differences are expressed in fluctuations range and can be caused by the features of oceanographic regime within the warm Tsushima Current and cold Eastern Sakhalin Current impact zones.

KEYWORDS: long-term dynamics, demersal fish, walleye pollock, Pacific cod, Sakhalin Island, water temperature regime, climatic indices.

Tabl. – 2, fig. – 3, ref. – 58.

Долговременный характер изменения морских биологических ресурсов, вне сомнения, обусловлен многолетней динамикой среды обитания, то есть комплексом тех естественных факторов, которые оказывают определяющее влияние на выживаемость и урожайность новых поколений. Вместе с тем многообразие этих факторов и сложность их взаимодействия в каждом отдельном регионе существенно затрудняют прогнозирование дальнейших изменений биоресурсов. В бореальных морях относительно суровые условия существования привели к ситуации, когда рост биомассы большинства видов рыб сопряжен с общим потеплением вод. В свою очередь, похолодание в изначально холодной среде обитания провоцирует обратную реакцию и приводит к снижению биомассы доминирующих организмов. Подтверждение этому находится в многочисленных исследованиях морских экосистем в северной Пацифике (Cushing, 1982; Шунтов, 1986; Кляшторин, Любушин, 2005).

В последнее десятилетие на фоне глобального потепления происходило явное потепление Охотского моря (Marine ecosystems..., 2010; Kim, 2012). Во второй половине 2000-х гг. произошел стремительный рост численности минтая по всей акватории данного моря. Это явление было почти сопоставимо со вспышкой численности вида, наблюдавшейся в теплый период второй половины 1980-х – первой половины 1990-х гг.

В северной части Японского моря в настоящее время низкий уровень общей биомассы рыб, отмеченный с начала 2000-х гг., продолжает сохраняться, при отсутствии признаков явного увеличения северояпономорского стада минтая. Трудно определить, насколько это существенное различие в тенденциях динамики смежных стад одного вида связано с особенностями среды обитания в каждом водоеме. Информация, касающаяся термического режима вод северной части Японского моря и Охотского моря в многолетнем аспекте, остается пока малоизученной и в открытых публикациях представлена слабо (Климов, 1986; Зуенко, 2008; Хен и др., 2008). Многолетняя динамика Цусимского течения прослежена у южных берегов Японии и может не отражать реальную ситуацию на севере моря по причине почти полного выхода вод этого течения в Тихий океан через Сангарский пролив и пролив Лаперуза (Talley et al., 2006; Watanabe et al., 2006) и известного деления морской акватории на субтропическую южную и субарктическую северную части Полярным фронтом (Uda, 1934; Park et al., 2004; Talley et al., 2006; You et al., 2010). В западной части Охотского моря многолетняя динамика термического режима вод может быть определена только косвенно по данным общей ледовитости моря и многолетним изменениям объема стока р. Амур (Фигуркин, 2006, 2011; Ogi, Tachibana, 2006; Новороцкий, 2007). Характер долгопериодной динамики Восточно-Сахалинского течения пока остается неисследованным.

Многолетняя динамика численности демерсальных видов рыб у западного и восточного побережья Сахалина впервые была рассмотрена в 2007 г. (Ким,

2007, 2007а). Исследования показали, что общая ихтиомасса в западных водах неуклонно снижалась от конца 1980-х – начала 1990-х гг. к 2000-м гг. В начале 2000-х гг. в районе произошли существенные перестройки в структуре биоресурсов среди доминирующих семейств и видов рыб. Если в 1980–1990-е гг. по суммарной биомассе постоянно доминировали в предсказуемом порядке следования тресковые, камбаловые и рогатковые, то в начале 2000-х гг. из-за общего снижения численности минтая, трески и наваги на первое место вышли камбаловые рыбы.

В субдоминантной группе семейств были зафиксированы периодические изменения, обусловленные ростом численности отдельных видов. В восточных водах Сахалина отмечено, что вторая половина 1990-х – начало 2000-х гг., по сравнению с 1980-ми – первой половиной 1990-х гг., также характеризуются существенными изменениями, произошедшими в морских ихтиоценах. В ранний период исследований среди доминирующих по суммарной биомассе семейств рыб выступали: в зал. Терпения и северо-восточных водах Сахалина – тресковые, камбаловые и рогатковые, а в зал. Анива – рогатковые, камбаловые и тресковые, именно в этой последовательности. У северо-восточного побережья Сахалина минтай являлся абсолютным лидером с уровнем относительной биомассы среди тресковых, равным 92,6–99,9%. Промысловый запас минтая в эти годы достигал уровня 500 тыс. т (**Пушников, 1982**).

С середины 1990-х гг., ввиду значительного снижения биомассы минтая и наваги, наблюдалось увеличение относительной биомассы камбаловых рыб, что привело к их несомненному доминированию в зал. Анива и существенно повышению их значимости в ихтиоценах зал. Терпения и северо-восточного Сахалина. Наряду с этими изменениями к началу 2000-х гг. произошло резкое снижение общей ихтиомассы во всех изучаемых районах восточного Сахалина. Сходные тенденции снижения общей рыбопродуктивности вод, падения запасов тресковых и увеличения камбаловых ресурсов, наблюдаемые в демерсальных ихтиоценах о. Сахалин, свидетельствуют об общности изначальной природы этих явлений.

Новая информация последнего десятилетия позволяет продлить ряд наблюдений максимально до 2015 г., охватив более чем 30-летний период исследований. В западно-сахалинских водах количество научных съемок после 2003 г. было ограничено, но проведенные наблюдения показали сохранение единой тенденции снижения ресурсов демерсальных рыб, вплоть до середины 2000-х гг. Информация 2013–2015 гг., в своем первом приближении, продемонстрировала некоторые признаки роста общих ресурсов, что особенно было заметно для наиболее массовых рыб в районе – тихоокеанской трески и минтая. Очередная смена позиций между доминирующими семействами тресковых и камбаловых рыб произошла, очевидно, в 2006 г. Если в 2000–2003 гг. камбаловые опережали тресковых по общей биомассе, то именно после 2006 г. тресковые вновь стали выходить на первое место в иерархии семейств.

В северо-восточных водах Сахалина за этот же период произошли сходные события, но с иной амплитудой. Вторая половина 2000-х гг. характеризовалась стремительным ростом биомассы минтая, приведшим к высокому уровню современной промысловой численности стада. Общая биомасса демерсальных рыб в районе, без учета минтая, снижавшаяся в период 2000–2007 гг., с некоторым запозданием также стала возрастать, достигнув максимума в первой

половине 2010-х гг. Как видно, общее сходство в динамике стад демерсальных рыб в обоих районах сопровождается существенной разницей в амплитуде колебаний численности самого массового вида – минтая. Отсутствие значительного роста биомассы минтая в северной части Японского моря сложно объяснить различиями в многолетней динамике среды обитания при сходстве временной динамики запасов демерсальных рыб в обоих районах.

Основная цель настоящей работы заключается в оценке направленности трендов многолетней динамики биоресурсов у западного и восточного Сахалина и среды обитания в форме индексов, характеризующих термический режим вод и влияние различных центров действия атмосферы в Северном полушарии над Тихим океаном, в его центральной части и у восточно-азиатского побережья.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Общая динамика изменения запасов демерсальных рыб у западных и восточных берегов Сахалина была определена по данным прямого учета на основе траловых съемок СахНИРО и ТИПРО-Центра в 1983–2015 гг. (**табл. 1, 2; рис. 1**). В водах западного Сахалина съемками охватывалась акватория от 46 до 52° с. ш. на глубинах от 20 до 800 м. Общее количество станций в ходе 24 траловых учетных съемок в районе достигало 2 130.

Траловые учетные съемки СахНИРО в районе северо-восточного Сахалина выполнялись в 1988–2014 гг. от 49 до 55° с. ш. Все 18 съемок выполнялись от прибрежных участков моря с изобатами 18–20 м до островного склона с глубинами 500–600 м.

Учеты рыб осуществляли по стандартизированным схемам станций, в которых траления располагались на широтных разрезах через 10–15 миль и по изобатам через 50–100 м. Стандартная продолжительность научных тралений составляла полчаса, уловы пересчитывали в плотности (т/милю²). При проведении съемок использовали донные тралы разнообразных конструкций; в последние 10 лет в качестве стандартного орудия лова применялся донный трал ДТ 30/25 м с мелкоячейной (10×10 мм) вставкой в кутце. Горизонтальное раскрытие этого трала принималось равным 20 м, вертикальное – 4,2–5,5 м. Скорость тралений изменялась в границах 2,6–3,7 узла.

При полевых определениях рыб до нижнего таксона использовали определители рыб дальневосточных морей и иллюстрированный атлас рыб (**Таранец, 1937; Линдберг, Красюкова, 1975, 1987; Линдберг, Федоров, 1993; Amaoka et al., 1995**). Латинские и русские названия видов и семейств приведены в соответствии с каталогами и аннотированными списками рыб в дальневосточных морях (**Борец, 2000; Шейко, Федоров, 2000; Федоров и др., 2003**).

Для характеристики относительной доли биомассы рыб по отдельным семействам и видам использовали оценки прямого учета при дифференцированных коэффициентах уловистости (**Борец, 1997**). Несмотря на известную условность применяемых коэффициентов, их обязательное использование позволяет в некоторой степени уменьшить погрешности в расчетах величины запасов рыб, получаемых методом тралового учета (**Вдовин, 2005**). Это особенно важно при характеристике величин относительной биомассы рыб по отдельным видам и таксономическим группам.

При расчете величины биомассы рыб с помощью программы Surfer использован метод обратных расстояний со следующими параметрами: шаг между узлами решетки – $0,01^\circ$ широты, вес каждой точки – 3, коэффициент анизотропии – 0,67, число секторов для обнаружения – 4, максимальное число данных для использования из каждого сектора – все, минимальное число данных во всех секторах – 1; режим очистки, – если пустых более 4 секторов, радиус 1 – $0,2-0,3^\circ$ широты, радиус 2 – $0,3-0,5^\circ$ широты, эллипс поиска точек – под углом 0° (Тарасюк и др., 2000).

База данных по температуре воды верхнего слоя моря в диапазоне 0–50 м на стандартном океанографическом разрезе м. Слепиковского – м. Золотой (северная часть Японского моря, $47^\circ 18'$ с. ш.) охватывает временной интервал 1948–2013 гг. (база данных ФГБНУ «СахНИРО» «Карат») (см. рис. 1). Температура измерялась батометрами и с применением зонда SBE#19plusV2. В ходе анализа исходные данные всех рядов наблюдений были обработаны 4-летним сглаживанием.

Таблица 1

Перечень тралово-акустических съемок СахНИРО и ТИНРО-Центра, выполненных в западно-сахалинских водах в период с 1983 по 2015 г.

A list of trawl-acoustic surveys performed by SakhNIRO and TINRO-Centre in western Sakhalin waters (1983–2015)

Table 1

№	Судно	Период	Орудие лова	Кол-во станций
1	РТМС «Шантар»	Ноябрь–декабрь 1983 г.	ДТ 28 м	99*
2	СРТМ «Хива»	Апрель–май 1985 г.	ДТ 32,5 м	92
3	БМРТ «Мыс Бабушкина»	Октябрь–декабрь 1985 г.	ДТ 43 м	93*
4	СРТМ «Хива»	Март–апрель 1986 г.	ДТ 28, 36 м	119
5	СРТМ «Хива»	Январь 1987 г.	ДТ 32 м	67
6	СРТМ «Хива»	Февраль 1988 г.	ДТ 21,5 м	65
7	СРТМ «Хива»	Июнь–июль 1988 г.	ДТ 32,5 м	86
8	СРТМ «Горный»	Август 1989 г.	ДТ 35, 41,3 м	54
9	СРТМ «Углекаменск»	Февраль 1990 г.	ДТ 32,5 м	60
10	СРТМ «Горный»	Август 1990 г.	ДТ 35,4 м	95
11	СТР «Вера Белик»	Июль 1995 г.	ДТ 54 м	90
12	СТР «Дмитрий Песков»	Февраль 1996 г.	ДТ 31,5 м	54
13	СТР «Дмитрий Песков»	Июль–август 1998 г.	ДТ 31,5 м	122
14	СТР «Дмитрий Песков»	Январь–февраль 2000 г.	ДТ 31,5 м	75
15	СТР «Дмитрий Песков»	Январь–февраль 2002 г.	ДТ 34,3 м	78
16	СТР «Дмитрий Песков»	Январь–февраль 2003 г.	ДТ 34 м	65
17	СТР «Дмитрий Песков»	Май 2003 г.	ДТ 34 м	119
18	СТР «Дмитрий Песков»	Апрель–май 2005 г.	ДТ 31,5 м	100
19	СТР «Дмитрий Песков»	Апрель 2006 г.	ДТ 31,5 м	60
20	СТР «Дмитрий Песков»	Апрель–май 2007 г.	ДТ 30/25 м	101
21	СТР «Дмитрий Песков»	Апрель–май 2008 г.	ДТ 30/25 м	93
22	СТР «Дмитрий Песков»	Сентябрь–октябрь 2009 г.	ДТ 27,1 м	105
23	СРТМ «Профессор Пробатов»	Сентябрь–октябрь 2013 г.	ДТ 30/25 м	105
24	МРКТМ «Бухоро»	Июнь–июль 2015 г.	ДТ 27,1 м	133*

* Учетная съемка ТИНРО-Центра, за исключением подзоны Приморье.

* An accounting survey of TINRO-Centre, except the subzone Primorye.

Таблица 2

**Перечень тралово-акустических съемок СахНИРО, выполненных
в восточно-сахалинских водах в период с 1983 по 2014 г.**

**A list of trawl-acoustic surveys performed by SakhNIRO
in eastern Sakhalin waters (1983–2014)**

Table 2

№	Судно	Период	Орудие лова	Кол-во станций
1	СРТМК «Современник»	Ноябрь–декабрь 1983 г.	ДТ 27,1 м	59
2	СРТМ «Хива»	Июль–август 1988 г.	ДТ 32,5 м	173
3	СРТМ «Горный»	Май–сентябрь 1989 г.	ДТ 35 м	179
4	СРТМ «Горный»	Июнь 1991 г.	ДТ 35 м	38
5	СТР «Шебунино»	Июль–август 1994 г.	ДТ 32 м	128
6	СТР «Дмитрий Песков»	Июль 1997 г.	ДТ 31,5 м	78
7	СТР «Дмитрий Песков»	Сентябрь–октябрь 1998 г.	ДТ 31,5 м	157
8	СТР «Дмитрий Песков»	Сентябрь–ноябрь 1999 г.	ДТ 31,5 м	207
9	СТР «Дмитрий Песков»	Июль–октябрь 2000 г.	ДТ 31,5 м	261
10	СТР «Дмитрий Песков»	Сентябрь–октябрь 2001 г.	ДТ 34 м	255
11	СТР «Дмитрий Песков»	Август–октябрь 2002 г.	ДТ 34 м	216
12	СТР «Дмитрий Песков»	Август–сентябрь 2003 г.	ДТ 31 м	110
13	СТР «Дмитрий Песков»	Сентябрь–октябрь 2004 г.	ДТ 33 м	156
14	СТР «Дмитрий Песков»	Сентябрь–октябрь 2006 г.	ДТ 39/20 м	98
15	СТР «Дмитрий Песков»	Октябрь–ноябрь 2007 г.	ДТ 30/25 м	84
16	СРТМК «Профессор Пробатов»	Август 2010 г.	ДТ 30/25 м	100
17	СРТМК «Профессор Пробатов»	Август 2012 г.	ДТ 30/25 м	96
18	СТР «Дмитрий Песков»	Июль–август 2014 г.	ДТ 30/25 м	65

База данных по ледовитости Охотского моря за период 1929–2003 гг. взята из работы (Ustinova et al., 2004), информация по температуре поверхностного слоя данного моря (SST) во временном интервале 1950–2006 гг. получена из работы (Хен и др., 2008).

База данных по индексу северотихоокеанской декадной осцилляции (PDO) за период 1900–2016 гг. взята с сайта <http://research.jisao.washington.edu/pdo>. Данные по динамике индексов Восточно-Азиатского зимнего муссона (MOI), арктической осцилляции (AOI), южной осцилляции (SOI) получены с сайта <http://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections>, а данные по аномалиям температуры поверхностного слоя (SST) в районах влияния течений Куроисио, Цусимского и Ойясио за 1955–2010 гг. взяты из работы (Tian et al., 2013).

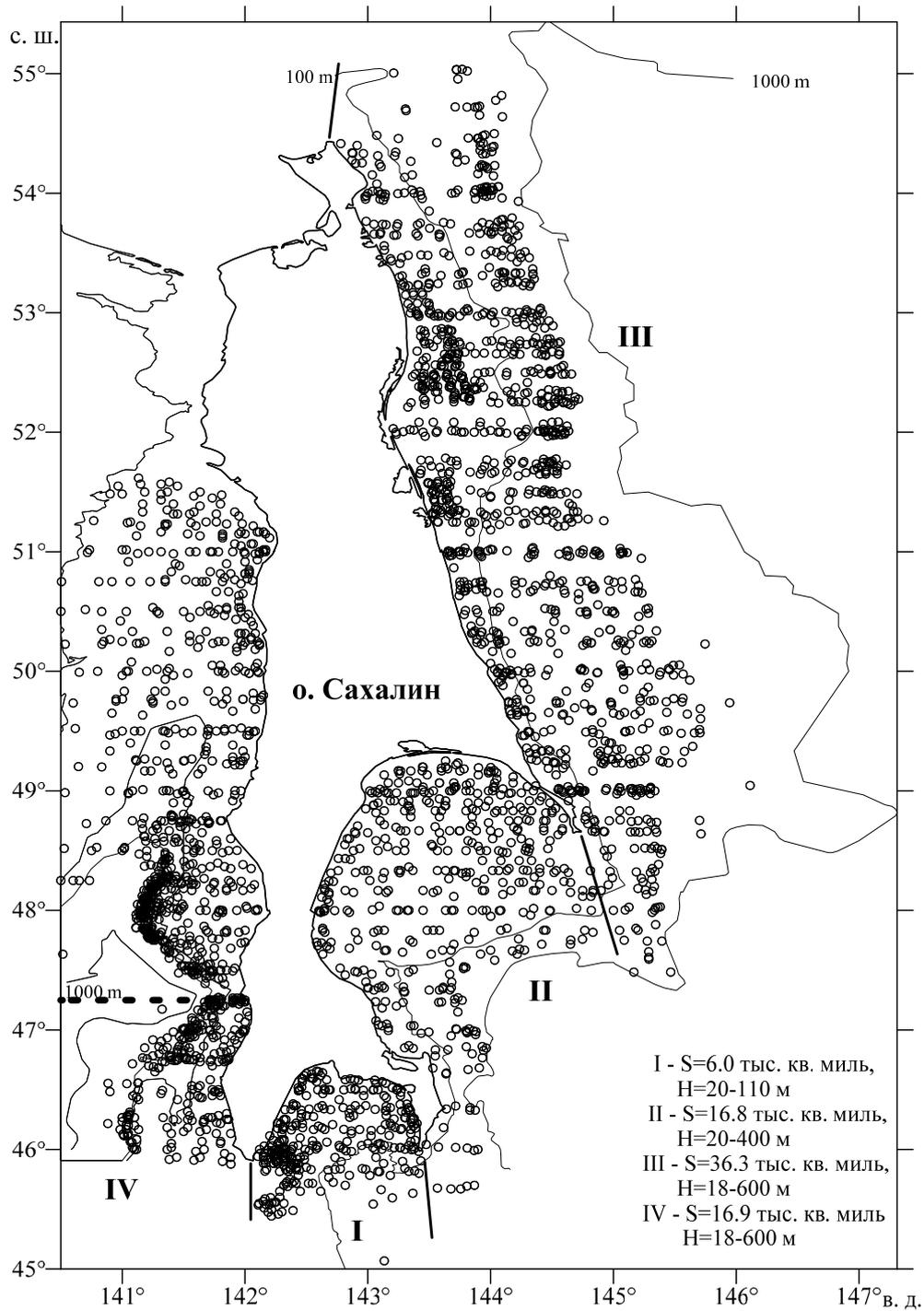


Рис. 1. Общая схема тралений на западном и восточном шельфе и свале глубин у о. Сахалин в 1983–2015 гг. Прерывистая линия – океанографический разрез м. Слепиковского – м. Золотой

Fig. 1. A general scheme of trawl operations on western and eastern shelf and depth slope around Sakhalin Island in 1983–2015. The dash line indicates oceanographic transect of Cape Slepikovsky – Cape Zolotoy

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В последние десятилетия за один из важнейших природных индикаторов, указывающих на климатические изменения в северной Пацифике, принимается северотихоокеанская осцилляция (Mantua, Hare, 2002). Индекс северотихоокеанской осцилляции свидетельствует о некотором похолодании в 2008–2014 гг., характерном для поверхностных вод западного побережья Северной Америки. Предыдущая холодная фаза динамики SST наблюдалась здесь в 1947–1976 гг. Весь период от 1977–1978 гг. и, по крайней мере, до 2005 г., невзирая на имевшие место заметные похолодания в отдельные годы, по совокупности может быть принят за теплую фазу (Tian et al., 2014; http://research.jisao.washington.edu/pdo/img/pdo_latest.jpeg).

Термический режим вод вблизи западного побережья Северной Америки меняется в многолетнем аспекте в отчетливой противофазе с центральной частью северной Пацифики (Mantua et al., 1997). Западные субарктические воды Пацифики входят в единую область динамических изменений с водами центральной и восточной ее частей, что позволяет распространять действие северотихоокеанской осцилляции на всю обозримую область океана в Северном полушарии.

Окраинные дальневосточные моря могут демонстрировать сопряженные с индексом PDO многолетние изменения своего водного режима и интенсивности основных течений. К примеру, корреляционная связь между интенсивностью течения Куроисио, движущегося в пределах Восточно-Китайского моря, и индексом PDO в период 1993–2007 гг. составила высокую величину, равную 0,76 при нулевом лаге (Andres et al., 2009). Столь сильная связь между двумя удаленными акваториями могла бы указывать на достаточно высокую временную интегрированность изменений всей северной Пацифики. Вместе с тем наблюдения над течением Рюкю, движущимся в океанских водах одноименной гряды островов на юге Японии и сливающимся с течением Куроисио в районе пр. Токара, показывают значительно меньшую связь с индексом PDO на уровне 0,41.

Более того, в зоне Куроисио у восточных берегов о. Хонсю в период 1955–2010 гг. смена холодного периода на теплый произошла в 1987–1988 гг., то есть на 10 лет позже, чем по индексу PDO. Теплый режим в этой зоне сохранялся от отмеченных лет как минимум до 2010 г., при незначительных отрицательных аномалиях в отдельные годы. Предыдущий этап похолодания длился от 1955 г. (первого года наблюдений) до 1987 г., то есть соответственно продолжался дольше на 10 лет в сравнении с индексом PDO. Следует указать, что отчетливая смена эпох в конце 1980-х гг. была свойственна динамике двух других климатических индексов – MOI и AOI, также оказывающих свое влияние на дальневосточный регион (Tian et al., 2014).

Западно-тихоокеанское течение Ойясио, движущееся на юг вдоль Курильской гряды островов, демонстрирует схожую с PDO динамику SST, но с обратным знаком и с небольшим запаздыванием – примерно 2 года (Tian et al., 2014). В районе этого течения температурный режим сменился с теплой фазы на холодную в 1979 г., что примерно соответствует году такой же трансформации в восточной части северной Пацифики (1977 г.). Информация по фитопланктону западной части Тихого океана (Chiba et al., 2008, 2012) свидетельствует о доминирующем воздействии PDO на межгодовую динамику его биомассы в

зоне Ойясио. Исходя из сказанного, интенсивность основных западных течений Ойясио и Куроисио находится друг к другу в противофазе и в той или иной степени сопряжена с изменениями PDO (Tian et al., 2014).

Вместе с тем Японское и Охотское моря имеют свои особенности в динамике SST, отличающие их от режима собственно Тихого океана. Принимается, что динамика температуры воды Японского моря в слое 0–50 м в зоне действия Цусимского течения у западных берегов о. Хонсю ассоциирована только умеренной отрицательной связью с многолетними колебаниями PDO ($r=-0,37$) (Tu et al., 2015). Есть мнение, что в то время, как вся северная Пацифика находится под сильным влиянием северотихоокеанской осцилляции, изменчивость в Японском море определяется преимущественно азиатскими муссонами (MOI) и арктической осцилляцией (Minobe, Nakamura, 2004; Tian et al., 2008; Alheit, Bakun, 2010). По (Tian et al., 2008), если связь средней температуры воды на поверхности рассматриваемого моря с PDO доходила до $r=-0,33$, то ее корреляция с MOI достигала $r=-0,70$, а с AOI – до $r=0,39$. Первостепенная важность воздействия AOI на северо-восточную акваторию Японского моря наряду с Сибирским антициклоном отмечена в работе (Minobe et al., 2004). Влияние PDO на этот район вышеупомянутым автором принимается за вторичное.

Обнаруженная отрицательная корреляция уровня всего Японского моря с колебаниями PDO в период 1927–1999 гг. составляла величину $r=-0,3$, сопоставимую с представленной выше корреляцией между SST моря – индекс PDO. Однако для временного интервала 1927–1960 гг. этот коэффициент достигал величины $-0,6$, то есть, похоже, что в последние десятилетия связь уровня моря с PDO заметно ослабла. Влияние северотихоокеанской осцилляции на Японское море, по всей вероятности, опосредованно и может проявляться через интенсивность Куроисио (Gordon, Giulivi, 2004). Когда Куроисио ослабляется (негативная фаза PDO), усиливается приток субтропических опресненных вод в южную часть Японского моря из Восточно-Китайского и Желтого морей (пресноводный сток рек Янцзы, Желтая), что ведет к подъему уровня моря, его потеплению и опреснению.

Динамика системообразующего Цусимского течения в юго-восточной части Японского моря у южных берегов Японии (о. Хонсю) была прослежена с 1955 г., и в нем, по имеющимся материалам, выявлено несколько иное чередование теплых и холодных периодов лет, чем в Куроисио. Современный период от 1987 г. и, по крайней мере, до 2010 г. схожим образом относится к теплой эпохе. Однако в 1955–1967 гг. в зоне Цусимского течения наблюдалось явное потепление, чего не наблюдалось в основном течении Куроисио. Последующий холодный период в этой зоне Японского моря продолжался с 1968 по 1987 г.

Таким образом, амплитуда колебаний двух течений существенно различалась в период до 1968 г., тогда как в настоящее время Цусимское течение явно повторяет многолетнюю динамику Куроисио. Сравнение этой информации с данными об изменении корреляции уровня Японского моря и PDO показывает, что в период очевидного влияния динамики PDO на район Японского моря (до 1960-х гг.) многолетняя динамика Цусимского течения и течения Куроисио не совпадает. Наоборот, после 1960-х гг., после ослабления связи между Японским морем и PDO, Цусимское течение начинает повторять динамику Куроисио. Возможно, что в указанное время происходила смена доминирования разных центров действия атмосферы (индексы PDO и AOI).

Термический режим северной и южной части Японского моря отличается (Tian et al., 2006). Насколько это предположение верно, можно определить по имеющимся осредненным температурным данным стандартного гидрологического разреза м. Слепиковский – м. Золотой у берегов юго-западного Сахалина (см. **рис. 1а**). Данные разреза указывают на то, что период 1949–1962 гг. характеризовался резкими скачками аномалий, 1962–1975 гг. был однозначно теплым, в 1976–1986 гг. вновь происходили резкие скачки аномалий температуры воды, завершившиеся новым периодом потепления 1987–1993 гг. Впоследствии наступил период очевидного похолодания, достигший максимума в 2002 г. и продолжающийся вплоть до последних лет. Сравнение северной и южной части Японского моря демонстрирует существенную разницу многолетней динамики термического режима поверхностных вод. Очевидны временные периоды похолодания в Татарском проливе, не наблюдаемые в юго-восточной части моря. Построение долгопериодных трендов показывает изменение термического режима в северной и южной части Японского моря в противофазе (**рис. 2а, б**), что демонстрирует сходную картину с противоположными многолетними трендами между режимом Ойясио и Куроисио (Tian et al., 2014).

В динамике Цусимского течения и течения Куроисио у берегов Японии, видимо, находит свое отражение динамика не только северотихоокеанской осцилляции, но и других циклических природных явлений – таких, как арктическая осцилляция, интенсивность Восточно-Азиатских зимних муссонов и влияющая на них южная осцилляция (Tsunoda et al., 2008; Tian et al., 2013). Можно предположить, что смешанный характер динамики температурного режима вод Татарского пролива обусловлен переменным влиянием разных центров воздействия атмосферы, распространяющих свою силу как на акваторию Охотского, так и Японского моря.

На поверхностные воды Охотского моря распространяется влияние тех же факторов, что и на северную часть Японского моря (Minobe, Nakamura, 2004). Известно, что долгопериодные изменения уровня моря характеризуются сходной динамикой в северной части Японского моря и в Охотском море и в то же время не коррелируют с динамикой южной части Японского моря (Marcos et al., 2012). Исследования показали, что динамика поверхностной температуры воды в Охотском море сходна с той же динамикой в зоне западной Пацифики и в зоне Ойясио, то есть обнаружено влияние на район северотихоокеанской осцилляции. Сходство смены температурного режима поверхностных вод Охотского моря и западной части Тихого океана подтверждается многолетней динамикой азиатской горбуши (Nagasawa, 2000). Вместе с тем известный сдвиг термического режима вод в 1970-х гг. в Охотском море не был выражен. Это позволило предположить и в этом районе существенное влияние интенсивности восточно-азиатских муссонов и ассоциированной с ним арктической осцилляции (Minobe, Nakamura, 2004).

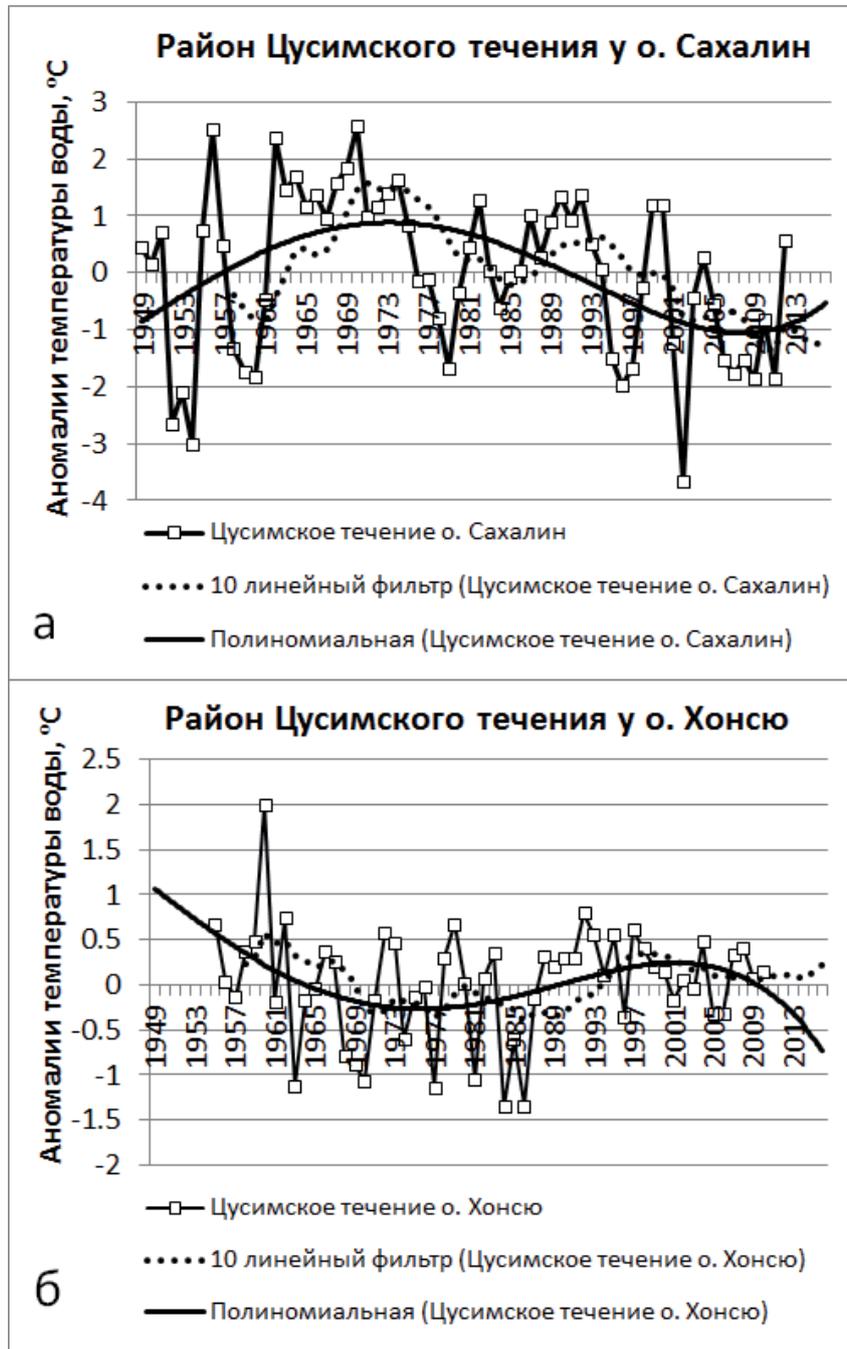


Рис. 2. Динамика температурного режима в южной части Татарского пролива по данным разреза м. Слепиковского – м. Золотой в период 1948–2013 гг. (а) и у южных берегов о. Хонсю (Япония) в период 1955–2010 гг. (б). Представлены полиномиальные кривые с 4-летним сглаживанием, кривые линейной фильтрации по 10 точкам

Fig. 2. Dynamics of temperature regime in the southern part of Tatar Strait based on the data from transect of Cape Slepikovskiy – Cape Zolotoy for 1948–2013 (a) and along the southern shore of Honshu Island (Japan) for 1955–2010 (b). There are given the polynomial curves with the 4-year smoothing and the curves of linear filtering for 10 points

Известно, что динамика стока вод р. Амур и интенсивность льдообразования Охотского моря связаны с арктической осцилляцией (Ogi, Tachibana, 2006). В период положительных значений АОИ температура воздуха над Евразией и Охотским морем теплеет, сток амурских вод усиливается, тогда как ледовый покров уменьшается. Влияние на температурный режим Охотского моря Восточно-Азиатских зимних муссонов проявляется в виде их усиления на фоне сильного Сибирского антициклона и Алеутского минимума, что ведет к похолоданию в южной части Охотского моря (Minobe, Nakamura, 2004). Такое же влияние муссоны оказывают на гидрологический режим северной части Японского моря (Minobe et al., 2004).

Известная информация по динамике температурного режима поверхностных вод Охотского моря охватывает интервал времени от 1950 до 2006 г. (Хен и др., 2008). Сравнение данных по SST Охотского моря и индексу PDO демонстрирует существенное сходство многолетней динамики аномалии температуры по всему имеющемуся ряду, за исключением десятилетнего периода 1964–1975 гг. (рис. 3а, б). По данным PDO, указанный период характеризуется существенными отрицательными аномалиями температуры воды, то есть является холодным, тогда как по данным SST Охотского моря он интерпретируется как теплый с преимущественно положительными ежегодными аномалиями.

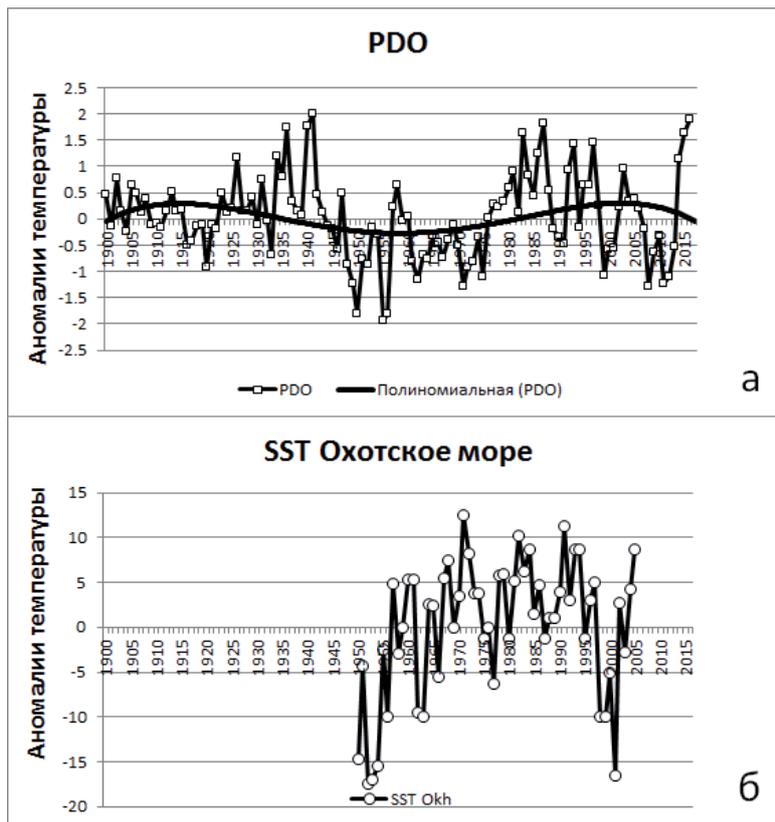


Рис. 3. Многолетняя динамика индексов PDO (а) и SST Охотского моря (б). Для PDO показан тренд изменения параметра с 4-летним сглаживанием

Fig. 3. A long-term dynamics of PDO (a) and SST (б) indices of the Sea of Okhotsk. For the PDO index, a trend of changes in parameter with a 4-year smoothing is shown

Следует указать на то, что по имеющейся информации об интенсивности ледового покрова Охотского моря данный период характеризуется усилением ледовитости, то есть опять же является холодным (Ustinova et al., 2004). Отмеченные тренды параметров среды в рассматриваемом промежутке времени довольно противоречивы, но если исключить указанное десятилетие, то можно заключить, что последнее потепление в Охотском море, в целом, наступило и закончилось, по всей видимости, в те же сроки, что и по индексу PDO. Исходя из этого, можно констатировать, что температурный режим всего Охотского моря, по большей части, согласован с северотихоокеанской осцилляцией, тогда как воды течений Ойясио, Куроисио и Цусимского продемонстрировали сходство своей динамики с PDO примерно с 2- и 10-летним запаздыванием. Отметим, что корреляция динамики температурного режима в Охотском море, в западной и центральной части северной Пацифики демонстрируется на многих схемах (Mantua et al., 1997; Chiba et al., 2015).

Насколько близка многолетняя динамика численности рыб в северной и южной части Японского моря и в Охотском море? В Татарском проливе в обозримый период максимальный уровень биомассы демерсальных рыб пришелся на вторую половину 1980-х гг., то есть в период теплой фазы термического режима, начавшегося еще в 1960-х гг. Но систематические исследования общих ресурсов демерсальных рыб в районе начались лишь в начале 1980-х гг. Учитывая сходство многолетней динамики группы наиболее массовых демерсальных рыб и минтая, можно рассмотреть более протяженный ряд наблюдений за промыслом минтая Японского моря (Шунтов и др., 1993). Судя по имеющейся информации, рост запасов минтая в разных регионах моря произошел в начале 1960-х гг. и неуклонно усиливался до 1980-х гг. Можно предположить, что подобное же изменение происходило с общей ихтиомассой демерсальных рыб в эти годы. В западно-сахалинских водах снижение общей биомассы рыб началось в конце 1990-х гг., а в 2000-х гг. был достигнут минимальный уровень их суммарных запасов.

В южной части Японского моря, на первый взгляд, происходили сходные события (Tian et al., 2006). Японский промысел (пелагических и демерсальных рыб, беспозвоночных организмов) непрерывно нарастал с начала 1960-х гг. до конца 1980-х гг. и затем последовательно снижался до 2003 г. Однако если исключить из расчетов сардину, годовой вылов которой в 1980-х гг. достигал высокого уровня 1,16 млн тонн, то картина становится совершенно иной. В 1960–1970-х гг. уловы разных групп пелагических и демерсальных рыб и беспозвоночных организмов оказались несколько выше, чем в последующие десятилетия. В конце 1990-х – начале 2000-х гг. отмечался, наоборот, небольшой прирост биомассы уловов пелагических и хищных рыб. Характер изменения общей демерсальной ихтиомассы был противоположен тому, что наблюдался у берегов западного Сахалина.

Динамика демерсальных ихтиоценов в разных районах Охотского моря характеризовалась своими локальными особенностями. В западно-камчатских водах за почти 30-летний период с 1982 по 2012 г. динамика донных и придонных рыб претерпевала согласованные флюктуации у камбаловых, рогатковых и тресковых видов, включая придонный минтай (Ильинский, 2007; Савин и др., 2011). Рост их совместных запасов наблюдался с начала 1980-х до начала 1990-х гг., затем произошел спад до начала 2000-х гг., а в последующем – но-

вый рост общей биомассы. У южных Курильских островов характер многолетних изменений за прошедшие 25 лет почти полностью совпадал с таковой у западной Камчатки (Ким, 2014). Схожая цикличность свойственна и характеру изменения ресурсов демерсального сообщества Восточно-Сахалинского района. При этом циклы увеличения и снижения биомассы демерсальных рыб у восточных берегов Сахалина несколько отставали от таких же циклов в водах Южных Курил и, еще больше, западной Камчатки (соответственно на 3 и 5 лет). Многолетняя динамика восточно-сахалинского минтая, напротив, по своей цикличности имела много сходства с таковой у минтая западной Камчатки. В то же время для минтая южных Курильских островов было характерно примерно 5-летнее запаздывание роста биомассы на фоне популяций вида в других рассматриваемых районах.

В последние десятилетия самым холодным годом в зоне Охотского моря являлся 2001 г. (Ohshima et al., 2008). Максимальное падение общей биомассы демерсальных рыб у восточного Сахалина наблюдалось примерно в 2007 г., у Южных Курил – в 2004 г., у западной Камчатки – в 2002 г. Запаздывание суммарного отклика демерсальных сообществ рыб, а также локальных стад минтая в Охотском море ранее уже объяснялось особенностями термического режима вод на разных участках моря (Ким, 2014). Стоит указать, что динамика среды обитания у южных Курильских островов и в северной части Охотского моря определяется разными по своему происхождению водными системами. В первом участке она формируется взаимодействием теплых вод течения Соя, происходящих из Японского моря и холодного Ойясио, тогда как во втором она определяется движением теплых тихоокеанских поверхностных вод Восточно-Камчатского течения, входящих через северокурильские проливы. Наиболее суровые условия обитания рыб наблюдаются у северо-восточных берегов о. Сахалин, где ситуацию определяет холодное Восточно-Сахалинское течение (Власова и др., 2008; Ким и др., 2017). Вполне вероятно, что разница в многолетней динамике численности рыб в разных районах Охотского моря связана с различием в динамике вышеупомянутых режимобразующих течений.

Динамика изменения биомассы демерсального сообщества рыб в Татарском проливе весьма сходна с тем же в водах западной Камчатки. У Южных Курил и восточных берегов Сахалина наблюдается запаздывание фаз роста и падения общей ихтиомассы демерсальных рыб. Кратковременный теплый период 2003–2007 гг., отмеченный как по данным PDO, так и по SST, и интенсивности ледового покрова Охотского моря (Хен и др., 2008; Ishizaki, 2011), не был зафиксирован в северной части Японского моря. Видимо, именно отсутствие явного потепления вод Татарского пролива во второй половине 2000-х гг. определило сохранение ресурсов минтая здесь на низком уровне, тогда как в Охотском море потепление вызвало существенный рост биомассы вида. В 2003–2007 гг. было отмечено появление нескольких урожайных поколений в охотоморских стадах минтая. Это совпало с тем, что в 2006–2007 гг. в северной Пацифике произошла смена температурного режима с холодного на теплый, то есть начался очередной этап потепления. Период 2006–2007 гг. в северной Пацифике является переходным этапом не только по изменению SST, но и по смене численности зоопланктона с пониженного на повышенный уровень (Chiba et al., 2015).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, общая цикличность в характере динамики среды обитания оказывает свое влияние на сообщества рыб у западных и восточных берегов Сахалина в Охотском и Японском морях, что приводит к многолетним изменениям численности большинства массовых видов. Вместе с тем подобные флюктуации у рыб в дальневосточных морях, по всей видимости, определяются комплексом факторов и изначально зависят от силы и направленности воздействия различных центров действия атмосферы. Ситуация с ресурсами рыб, сложившаяся в северной части Японского моря, демонстрирует существенные различия в трендах изменения режима вод в определенные периоды лет даже в смежных регионах Японского и Охотского морей. Эта разница обусловлена меридиональной или широтной протяженностью рассматриваемых районов, а также влиянием разных по своему происхождению морских течений. Рассмотренные временные тренды динамики SST или биомассы рыб в обоих морях сочетают в себе признаки влияния разных атмосферных процессов, поэтому пока можно лишь примерно догадываться о том, какие тенденции будут преобладать в ближайшем будущем. Теплый термический режим во второй половине 2010-х гг. в зоне Японского моря может привести к новому росту рыбных запасов у берегов западного Сахалина.

ЛИТЕРАТУРА

- Борец, Л. А.** Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение [Текст] / Л. А. Борец. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 1997. – 217 с.
- Борец, Л. А.** Аннотированный список рыб дальневосточных морей [Текст] / Л. А. Борец. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2000. – 192 с.
- Вдовин, А. Н.** Изучение состояния запасов основных промысловых рыб в водах Приморья [Текст] / А. Н. Вдовин // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 141. – С. 74–102.
- Власова, Г. А. Пространственно-временная изменчивость структуры и динамики вод Охотского моря [Текст] / Г. А. Власова, А. С. Васильев, Г. В. Шевченко. – М. : Наука, 2008. – 259 с.
- Зуенко, Ю. И.** Промысловая океанология Японского моря [Текст] / Ю. И. Зуенко. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2008. – 227 с.
- Ильинский, Е. Н.** Динамика состава и структуры донного ихтиоцена западно-камчатского шельфа [Текст] / Е. Н. Ильинский // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 150. – С. 48–55.
- Ким, Сен Ток.** Современная структура и тенденции изменения ресурсов демерсальных рыб в восточно-сахалинских водах [Текст] / Ким Сен Ток // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 148. – С. 74–92.
- Ким, Сен Ток.** Современная структура и тенденции в изменении ресурсов демерсальных рыб в западно-сахалинских водах [Текст] / Ким Сен Ток // Изв. ТИНРО. – 2007а. – Т. 148. – С. 93–112.
- Ким, Сен Ток.** Пространственное распределение и многолетняя динамика биомассы демерсальных рыб в зоне Восточно-Сахалинского течения (Охотское море) [Текст] / Ким Сен Ток // Вопр. ихтиологии. – 2014. – Т. 54, № 6. – С. 672–681.
- Условия воспроизводства минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) у северо-восточного побережья Сахалина, Охотское море [Текст] / **Ким Сен Ток, И. Н. Мухаметов, Д. С. Заварзин и др.** // Вопр. ихтиологии. – 2017. – Т. 57, № 6. – С. 721–735.
- Климов, С. М.** Влияние климатических факторов на смену доминант в динамике численности горбуши Сахалино-Курильского региона [Текст] / С. М. Климов // Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей. – Владивосток, 1986. – С. 72–79.

- Кляшторин, Л. Б. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности [Текст] / **Л. Б. Кляшторин, А. А. Любушин.** – М. : ВНИРО, **2005.** – 258 с.
- Линдберг, Г. У. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей [Текст] / **Г. У. Линдберг, З. В. Краснокова.** – Л. : Наука, **1975.** – Ч. 4. – 464 с. – (Опред. по фауне СССР, изд. ЗИН АН СССР. Т. 108).
- Линдберг, Г. У. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей [Текст] / **Г. У. Линдберг, З. В. Краснокова.** – Л. : Наука, **1987.** – Ч. 5. – 526 с.
- Линдберг, Г. У. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей [Текст] / **Г. У. Линдберг, В. В. Федоров.** – СПб. : Наука, **1993.** – Ч. 6. – 272 с.
- Новороцкий, П. В.** Колебания стока Амура за последние 100 лет [Текст] / П. В. Новороцкий // География и природ. ресурсы. – Новосибирск : Наука, **2007.** – № 4. – С. 86–89.
- Пушников, В. В.** Популяционная структура минтая Охотского моря и состояние его запасов : Автореф. дис. ... канд. биол. наук [Текст] / В. В. Пушников. – Владивосток, **1982.** – 23 с.
- Савин, А. Б. Многолетняя динамика в составе донных и придонных рыб на западно-камчатском шельфе в 1982–2010 гг. [Текст] / **А. Б. Савин, Е. Н. Ильинский, Н. Л. Асеева** // Изв. ТИНРО. – **2011.** – Т. 166. – С. 149–165.
- Таранец, А. Я.** Краткий определитель рыб советского Дальнего Востока и прилегающих вод [Текст] / А. Я. Таранец. – **1937.** – 200 с. – (Изв. ТИНРО. Т. 11).
- Тарасюк, С. Н. Методические аспекты оценки сырьевых ресурсов донных рыб шельфа и свала северных Курильских островов [Текст] / **С. Н. Тарасюк, И. А. Бирюков, К. Л. Пузанков** // Промыслово-биол. исслед. рыб в тихоокеанских водах Курил. о-вов и прилегающих р-нах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. : Сб. науч. тр. – М. : Изд-во ВНИРО, **2000.** – С. 46–54.
- Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря [Текст] / **В. В. Федоров, И. А. Черешнев, М. В. Назаркин и др.** – Владивосток : Дальнаука, **2003.** – 204 с.
- Фигуркин, А. Л.** Ледовитость как индикатор термического состояния придонных вод северной части Охотского моря [Текст] / А. Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО. – **2006.** – Т. 145. – С. 259–270.
- Фигуркин, А. Л.** Изменчивость термохалинного состояния придонных вод северной части Охотского моря [Текст] / А. Л. Фигуркин // Изв. ТИНРО. – **2011.** – Т. 166. – С. 255–274.
- Термические условия на поверхности Берингова и Охотского морей в начале 21-го века на фоне полувекковой изменчивости [Текст] / **Г. В. Хен, Е. О. Басюк, Ю. Д. Сорокин и др.** // Изв. ТИНРО. – **2008.** – Т. 153. – С. 254–263.
- Шейко, Б. А. Рыбообразные и рыбы : Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий [Текст] / **Б. А. Шейко, В. В. Федоров.** – П-Камчат. : Камчат. печат. двор, **2000.** – С. 7–69.
- Шунтов, В. П.** Состояние изученности многолетних циклических изменений численности рыб дальневосточных морей [Текст] / В. П. Шунтов // Биология моря. – **1986.** – № 3. – С. 3–14.
- Минтай в экосистемах дальневосточных морей [Текст] / **В. П. Шунтов, А. Ф. Волков, О. С. Темных, Е. П. Дулепова.** – Владивосток : ТИНРО, **1993.** – 426 с.
- Alheit, J. Population synchronies within and between ocean basins: apparent teleconnections and implications as to physical-biological linkage mechanisms [Text] / **J. Alheit, A. Bakun** // Journal of Marine Systems. – **2010.** – Vol. 79. – P. 267–285.
- Amaoka, K. The fishes of northern Japan [Text] / **K. Amaoka, K. Nakaya, M. Yabe.** – Sapporo : North Japan Pacific Ocean Center, **1995.** – 390 p.
- Manifestation of the Pacific Decadal Oscillation in the Kuroshio [Text] / **M. Andres, Park Jae-Hun, M. Wimbush et al.** // Geophysical Research Letters. – **2009.** – Vol. 36. – P. 1–5. – L16602, DOI: 10.1029/2009GL039216.
- From climate regime shifts to lower-trophic level phenology: Synthesis of recent progress in retrospective studies of the western North Pacific [Text] / **S. Chiba, M. N. Aita, K. Tadokoro et al.** // Prog. Oceanogr. – **2008.** – Vol. 77. – P. 112–126. – DOI: 10.1016/j.pocean.2008.03.004.

Influence of the Pacific Decadal Oscillation on phytoplankton phenology and community structure in the western North Pacific based on satellite observation and the Continuous Plankton Recorder survey for 2001–2009 [Text] / **S. Chiba, S. Batten, K. Sasaoka et al.** // Geophysical Research Letters. – **2012.** – Vol. 39. – P. 1–6. – L15603, DOI: 10.1029/2012GL052912.

Temperature and zooplankton size structure: climate control and basin-scale comparison in the North Pacific [Text] / **S. Chiba, S. D. Batten, T. Yoshiki et al.** // Ecology and Evolution. – **2015.** – Vol. 5. – P. 968–978. – DOI: 10.1002/ece3.1408.

Cushing, D. H. Climate and fisheries [Text] / D. H. Cushing. – U. K., Academ. Press, **1982.** – 373 p.

Gordon, A. L. Pacific decadal oscillation and sea level in the Japan/East sea [Text] / **A. L. Gordon, C. F. Giulivi** // Deep Sea Research. Part I Oceanographic Research Papers. – **2004.** – Vol. 51. – P. 653–663. – DOI: 10.1016/j.dsr.2004.02.005.

Ishizaki, S. The state of the western North Pacific in the first half of 2010 [Text] / S. Ishizaki // PICES press. – **2011.** – Vol. 19, No. 1. – P. 32–34.

Kim, S. T. A review of the Sea of Okhotsk ecosystem response to the climate with special emphasis on fish populations [Text] / S. T. Kim // ICES Journal of Marine Science. – **2012.** – Vol. 69. – P. 1123–1133.

A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production [Text] / **N. J. Mantua, S. R. Hare, Y. Zhang et al.** // Bull. Amer. Meteor. Soc. – **1997.** – Vol. 78. – P. 1069–1079.

Mantua, N. J. The Pacific decadal oscillation [Text] / **N. J. Mantua, S. R. Hare** // Journal of Oceanography. – **2002.** – Vol. 58. – P. 35–44.

Marcos, M. Inter-annual and decadal sea level variations in the north-western Pacific marginal seas [Text] / **M. Marcos, M. N. Tsimplis, F. M. Calafat** // Progress in Oceanography. – **2012.** – Vol. 105. – P. 4–21.

Marine ecosystems of the North Pacific Ocean, 2003–2008 [Text] / S. M. McKinnell, M. J. Dagg (Eds). – **2010.** – 393 p. – (PICES Special Publication. Vol. 4).

Minobe, S. Interannual to decadal variability in the southern Okhotsk Sea based on a new gridded upper water temperature dataset [Text] / **S. Minobe, M. Nakamura** // J. Geophys. Res. – **2004.** – Vol. 109. – P. 1–10. – C09S05, DOI: 10.1029/2003JC001916.

Minobe, S. Interannual to interdecadal variability in the Japan sea based on a new gridded upper water temperature dataset [Text] / **S. Minobe, A. Sako, M. Nakamura** // Journal of Physical Oceanography. – **2004.** – Vol. 34. – P. 2382–2397.

Nagasawa, K. Long-term changes in the climate and ocean environment in the Okhotsk Sea and Western North Pacific and abundance and body weight of East Sakhalin pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) [Text] / K. Nagasawa // N. Pac. Anadr. Fish. Comm. Bull. – **2000.** – No. 2. – P. 203–211.

Ogi, M. Influence of the annual Arctic Oscillation on the negative correlation between Okhotsk Sea ice and Amur River discharge [Text] / **M. Ogi, Y. Tachibana** // Geophysical Research Letters. – **2006.** – Vol. 33. – L08709, DOI: 10.1029/2006GL025838. – 4 p.

Changes in the Sea of Okhotsk due to global warming – Weakening pump function to the North Pacific [Text] / **K.-I. Ohshima, T. Nakanowatari, T. Nakatsuka et al.** // PICES Scientific Report. – **2008.** – No. 36. – P. 16–20.

Park, Kyung-Ae. Sea surface temperature fronts in the East (Japan) Sea and temporal variations [Text] / **Kyung-Ae Park, Jong Yul Chung, Kuh Kim** // Geophysical Research Letters. – **2004.** – Vol. 31. – L07304, DOI: 10.1029/2004GL019424. – 4 p.

Japan/East Sea water masses and their relation to the sea's circulation [Text] / **L. D. Talley, Dong-Ha Min, V. B. Lobanov et al.** // Oceanography (Washington D. C.). – **2006.** – Vol. 19, No. 3. – P. 32–49.

Tian, Y. Long-term changes in the fish community structure from the Tsushima warm current region of the Japan/East Sea with an emphasis on the impacts of fishing and climate regime shift over the last four decades [Text] / **Y. Tian, H. Kidokoro, T. Watanabe** // Progress in Oceanography. – **2006.** – Vol. 68. – P. 217–237.

The late 1980s regime shift in the ecosystem of Tsushima warm current in the Japan/East Sea: evidence from historical data and possible mechanisms [Text] / **Y. Tian, H. Kidokoro, T. Watanabe, N. Iguchi** // Progress in Oceanography. – **2008**. – Vol. 77. – P. 127–145.

Tian, Y. Synchrony in the abundance trend of spear squid *Loligo bleekeri* in the Japan Sea and the Pacific Ocean with special reference to the latitudinal differences in response to the climate regime shift [Text] / **Y. Tian, K. Nashida, H. Sakaji** // ICES Journal of Marine Science. – **2013**. – Vol. 70. – P. 968–979. – DOI: 10.1093/icesjms/fst015.

Comparison of fluctuations in fish communities and trophic structures of ecosystems from three currents around Japan: synchronies and differences [Text] / **Y. Tian, K. Uchikawa, Y. Ueda, J. Cheng** // ICES Journal of Marine Science. – **2014**. – Vol. 71, Issue 1. – P. 19–34. – DOI: 10.1093/icesjms/fst169.

East Asian monsoon to El Niño/Southern Oscillation: A shift in the winter climate of Ishigaki Island accompanying the 1988/1989 regime shift, based on instrumental and coral records [Text] / **T. Tsunoda, H. Kawahata, A. Suzuki et al.** // Geophysical Research Letters. – **2008**. – Vol. 35. – L13708, DOI: 10.1029/2008GL033539. – 5 p.

Tu, Chen-Yi. Effects of climate on temporal variation in the abundance and distribution of the demersal fish assemblage in the Tsushima Warm Current region of the Japan Sea [Text] / **Chen-Yi Tu, Yongjun Tian, Chih-Hao Hsieh** // Fisheries Oceanography. – **2015**. – Vol. 24, Issue 2. – P. 177–189.

Uda, M. The results of simultaneous oceanographic investigations in the Japan Sea and its adjacent waters in May and July, 1932 [Text] / M. Uda // J. Imp. Fish. Exp. Sta. – **1934**. – Vol. 5. – P. 57–190. – (In Japanese with English abstract).

Ustinova, E. I. Ice cover variability and long-term forecasting in the far-eastern seas [Text] / **E. I. Ustinova, Yu. D. Sorokin, G. V. Khen** // The 19th Intern. Sympos. on Okhotsk Sea & Sea Ice. – Mombetsu, Hokkaido, Japan, **2004**. – P. 75–80.

Watanabe, T. Structure of the Tsushima warm current in the northeastern Japan Sea [Text] / **T. Watanabe, O. Katoh, H. Yamada** // Journal of Oceanography. – **2006**. – Vol. 62. – P. 527–538.

Thermocline circulation and ventilation of the East/Japan Sea, part I: Watermass characteristics and transports [Text] / **Yuzhu You, Kyung-II Chang, Jae-Yul Yun, Kyung-Ryul Kim** // Deep Sea Research. Part II Topical Studies in Oceanography. – **2010**. – Vol. 57(13). – P. 1221–1246. – DOI: 10.1016/j.dsr2.2009.12.011.