

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ФЛУКТУАЦИИ ТИХООКЕАНСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ СКУМБРИИ

А.Н.Иванов, канд. биол. наук В.А.Беляев – ТИНРО-центр

Промысловое ядро ихтиоцены эпипелагиали района Куро-сио в СЗТО представлено четырьмя основными видами: сардиной, скумбрией, сайрой, анчоусом. Японская скумбрия – второй по численности и биомассе вид. Смена периодов высокой и низкой ее численности, по-видимому, имеет пульсирующий характер. Существует общепринятое мнение, что долгопериодные флуктуации численности скумбрии всегда обусловлены крупномасштабными возмущениями среды, сочетаниями абиотических и биотических факторов. Однако при воздействии природных макропроцессов в определенных районах и в конкретные годы могут формироваться специфические условия, отличающиеся от общего фона [6]. Поэтому жесткая детерминированная связь урожайности отдельных поколений и климато-океанологических макропроцессов, как правило, не наблюдается [10].

Чтобы выяснить причины долгопериодной динамики численности, часто обращаются к анализу природных условий, которые складываются непосредственно в районах формирования поколений конкретных популяций. Для тихоокеанской скумбрии также кроме биоценологических и внутрипопуляционных факторов важную роль играют океанологические факторы, так как ограниченные районы ее воспроизводства находятся в зоне активного взаимодействия течений Куро-сио и Ойясио.

Сила многолетнего влияния океанологического режима определяется главным образом продолжительностью действия и направленностью температурного тренда, а не абсолютной температурой, поскольку после кратковременного изменения режима условия воспроизводства восстанавливаются. А длительное направленное изменение вызывает кардинальные перестройки популяции и, как правило, всей экосистемы района. Температурный фактор – важнейший элемент влияния течения Куро-сио на воспроизводство. Но имеют значение также типы меандра течения (рис. 1), с которыми связаны распределение икры и личинок, степень их попадания в различные водные массы и смертность [8, 9].

Обычно за увеличением выноса потомства в океанические районы (это происходит при прохождении течения через нерестилища) следует снижение численности скумбрии. Напротив, она растет, если у юго-восточного побережья о-ва Хонсю образуется циклонический меандр и биологическая продуктивность всего района повышается [1, 11]. Изменение уровня теплосодержания также может способствовать понижению или повышению эффективности нереста и численности формирующихся поколений. В целом океанологический режим непосредственно воздействует на выживаемость потомства.

Ранее предполагалось, что уровень теплосодержания, интенсивность и типы положения Куро-сио в районах воспроизводства зависят от интенсивности и временной последовательности переноса водных масс основными макроциркуляциями (субарктическим циклоническим круговоротом – СаЦК и северным субтропическим антициклоническим круговоротом – СтАК) в западной части северной Пацифики [3, 7]. Заметим, что СаЦК влияет на районы воспроизводства опосредованно через “буферные” трансформированные воды субарктического происхождения. Оценка переноса находящихся в структуре указанных круговоротов водных масс в районах, прилегающих к местам воспроизводства, динамики их расхода дает представление об интенсивности круговоротов. Именно взаимодействие этих вод с водами субтропической структуры определяет условия воспроизводства скумбрии. Периодичность, свойственную динамике ее численности, можно попытаться объяснить, рассмотрев зависимость промыслового запаса и популяционных характеристик (нерестовый запас, количество выметанной икры, пополнение, смертность) от изменений условий в районах нереста.

Анализ многолетних данных (1950–1994 гг.) позволяет выделить несколько периодов роста и падения уровня воспроизводства и состояния запасов. В 1950–1957 гг. при относительно низком нерестовом запасе $[(18-70) \cdot 10^7 \text{ экз.}]$, но высокой выживаемости биомасса скумбрии увеличивалась (рис. 2, 3). Относительная скорость этого процесса была значительна, но замедлилась к концу периода. Интенсив-

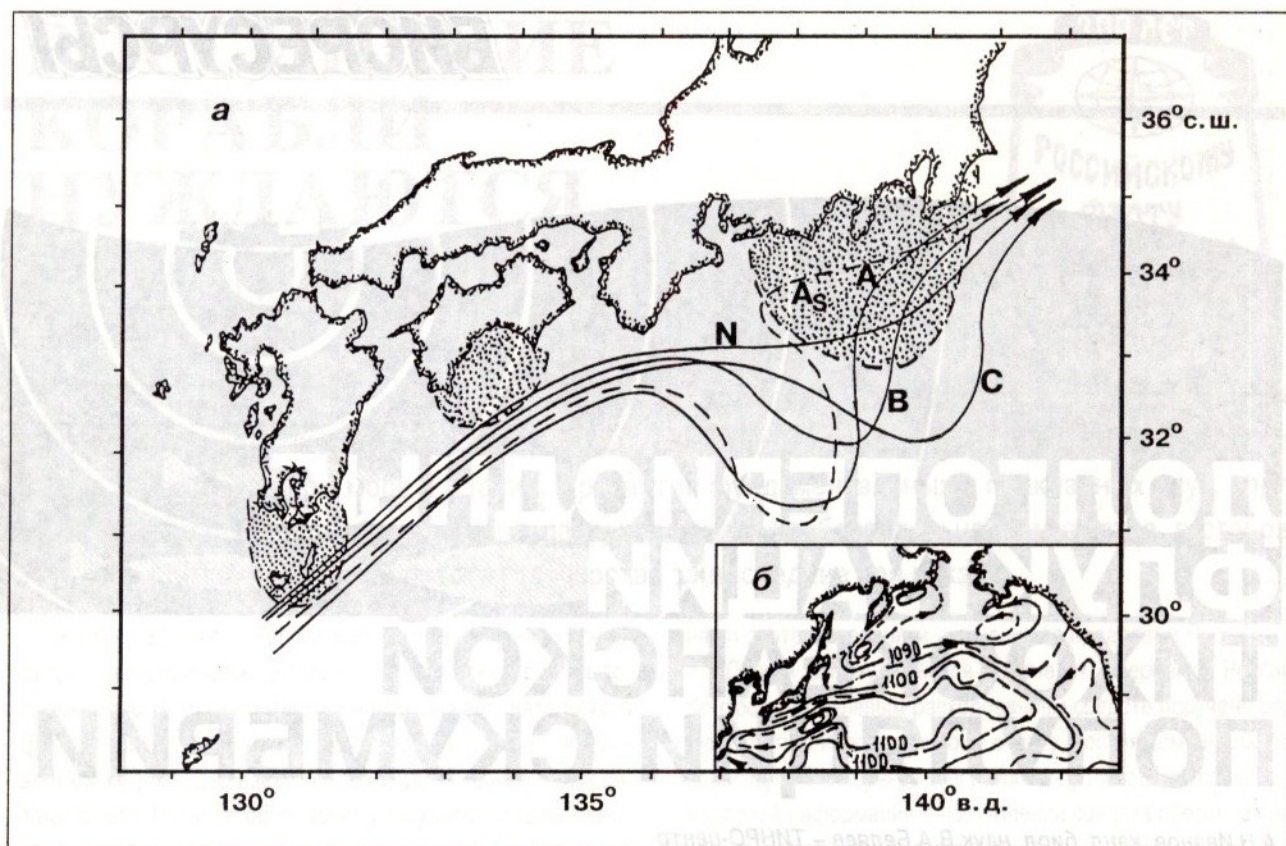


Рис. 1. Центры воспроизводства и основные типы положения течения Куросио (а), общая схема макроциркуляций в СЗТО (б)

ность СТАК была средней, вследствие чего несколько усилился приток теплых вод и в районе воспроизводства возникли положительные температурные аномалии [12]. Одновременно меандр типа С у юго-восточного побережья о-ва Хонсю способствовал повышению выживаемости скумбрии на ранних этапах онтогенеза, так как уменьшался вынос потомства в мористые малопродуктивные районы.

До 1961 г. уровень воспроизводства увеличивался. В 1961–1968 гг. количество выметанной икры оставалось достаточно высоким – $(400-800) \cdot 10^{12}$ шт. при нерестовом запасе 1–1,6 млн т. Биомасса скумбрии в 1965–1970 гг. почти не менялась и составляла 2–2,3 млн т (см. рис. 3), урожайность поколений несколько возросла, вероятно, за счет увеличения общего нерестового запаса, но относительная скорость роста популяции была минимальной. Несмотря на то что рыбы выметывали икры намного больше, индекс выживаемости оставался низким почти 11 лет (1958–1969 гг.). Исключением стали 1962, 1963, 1964 гг., когда он поднимался до 2,66–4,26, что способствовало некоторому увеличению общего запаса в последующие три

года (1965–1967 гг.) (см. рис. 2). Появление урожайных поколений совпало с периодом минимальных аномалий в развитии СаЦК и СТАК. При этом аномалии температуры воды в районе воспроизводства также не были существенными. Все поколения с более низкой урожайностью в 1958–1968 гг. приходились на годы с высокими (положительными и отрицательными) аномалиями в развитии СаЦК и СТАК и аномалиями температуры воды в районах нереста скумбрии. Так, до 1962 г. в районах нереста наблюдались высокие положительные температурные аномалии (в период высокой интенсивности субтропической циркуляции и низкой субарктической). После 1964 г. происходил обратный процесс.

Когда меандр отсутствовал или занимал положение типа As или A, то значительно увеличивался вынос личинок из более продуктивных прибрежных районов в открытый океан, где их выживаемость ниже [13]. Как отмечалось, рост популяции в этот период фактически прекратился. К тому же добыча (35 % биомассы популяции) оказалась ощутимо больше максимально возможного устойчивого вылова (20–23 %), что привело к изменению возрастной структуры [5]. Даль-

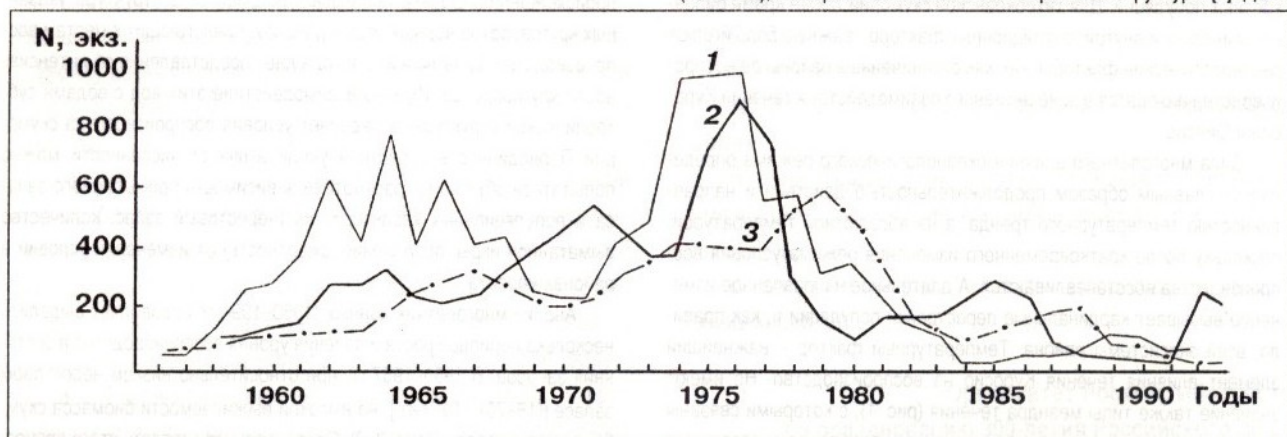


Рис. 2. Многолетние изменения количества выметанной икры (1 – $N \cdot 10^{10}$ шт.), промыслового (2 – $N \cdot 10^7$) и нерестового (3 – $N \cdot 10^7$) запасов скумбрии

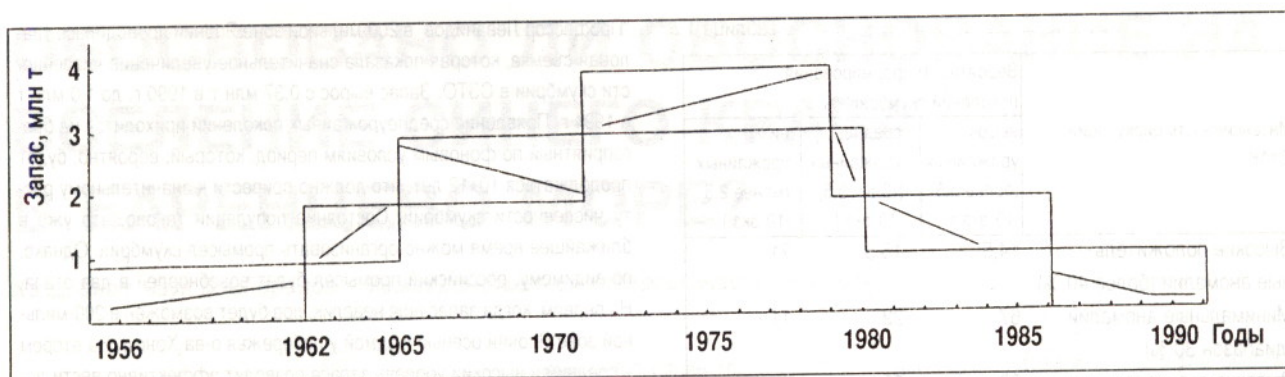


Рис. 3. Динамика запаса тихоокеанской популяции скумбрии

нейшее изменение численности зависело только от продуктивности популяции. Поэтому появление средне- и высокоурожайных поколений в течение 9 лет (1969–1977 гг.) вызвало рост численности скумбрии: запас увеличился более чем в 2,5 раза и достиг 5 млн т при довольно интенсивном промысле. Удельная скорость роста популяции была значительной, но не превышала 14 %. В целом период характеризовался благоприятными условиями для развития на ранних этапах онтогенеза. Индекс выживаемости был высоким. Обратим внимание на то, что в первом случае (в период 1969–1971 гг.) урожайные поколения формировались при меньшем количестве выметанной икры, чем в предыдущее десятилетие $[(240-300) \cdot 10^{12} \text{ шт.}]$, а во втором (в период 1975–1977 гг.) их появление совпало с высоким ее количеством (до $1000 \cdot 10^{12} \text{ шт.}$). Рост урожайности поколений и всей популяции происходил на фоне тренда увеличения температуры в зоне Куросио, который совпал с усилением интенсивности СТАК и находился в противофазе с развитием СаЦК. Однако аномалии этих круговоротов были минимальными и не достигали крайних значений, хотя надо иметь в виду, что их кривые отражают только общие тренды развития и их продолжительность. В отдельные годы абсолютные значения аномалий могут сильно отклоняться от кривой, нарушая фазность. Подтверждается и общее положение о влиянии на численность поколений меандра у юго-восточного побережья о-ва Хонсю. Например, в 1969–1971 гг. при наличии меандра (тип С) выживаемость скумбрии была выше, чем при его отсутствии (1972–1974 гг.), даже при относительно малом количестве выметанной икры. Анализ показал, что стабилизирующее действие свойственно только этому типу меандра.

После 1977 г. в течение 8 лет уровень воспроизводства постоянно падал, причем в 1978–1980 гг. даже при максимальных значениях нерестового запаса (2,4–2,6 млн т) за весь рассматриваемый период. Сократившись до минимума в 1984 г. $[(30-40) \cdot 10^{12} \text{ шт.}]$, количество выметанной икры почти не изменялось до 1992 г. (см. рис. 2). Из-за низкого уровня воспроизводства и выживаемости в 80-х годах запас популяции к 1991 г. уменьшился до 370 тыс. т. Падение происходило быстрее, чем рост. С 1979 по 1992 г. выживаемость скумбрии остава-

лась крайне низкой, за исключением 1982–1985 гг., когда появились среднеурожайные поколения, которые несколько замедлили сокращение запаса популяции в 1986–1988 гг. После 1985 г. урожайных поколений не было, общие тренды уменьшения количества выметанной икры и пополнения промыслового запаса совпадали. Практически в 80-е годы появление низкоурожайных поколений коррелировало с высокими положительными аномалиями СТАК и повышением уровня теплосодержания в районах воспроизводства.

Однако при смене периодов с различными условиями воспроизводства может наблюдаться плотностная регуляция численности. Плотностной фактор, обусловленный внутривидовой (внутрипопуляционной) конкуренцией, у скумбрии был выражен слабо, так как ее общая биомасса не превышала 5 млн т. Действие этого фактора, связанного с межвидовыми отношениями (конкуренция за использование кормовых ресурсов), вероятно, сыграло более значимую роль. В начале 80-х годов резкое снижение запаса скумбрии происходило при стремительном росте численности сардины [2]. Еще одна важная причина депрессивного состояния скумбрии – перелов, который происходил в 80-е годы (рис. 4).

Таким образом, в рассматриваемый период чередовались группы высоко- и низкоурожайных поколений. Смена происходила с фазой 19+3 года и совпадала с периодичностью развития СаЦК и СТАК, которые при взаимодействии определяют океанологический режим в районах воспроизводства. При этом продолжительность существования наименьшего (до 2 млн т) и наибольшего (сверх 2 млн т) запасов приблизительно одинакова – 10–12 лет.

Анализ этапности развития циркуляций приводит к выводу, что во время высокой интенсивности СТАК вероятность появления низкоурожайных поколений возрастает (табл. 1): общее теплосодержание увеличивается и температура воды на нерестилищах становится выше оптимальной для развития икры и личинок. При уменьшении интенсивности СТАК (аномалии в пределах 30 % от среднеего значения) вероятность формирования высоко- и среднеурожайных поколений возрастает (см. табл. 1). На этом этапе термический режим становится оптимальным для развития скумбрии. При дальней-

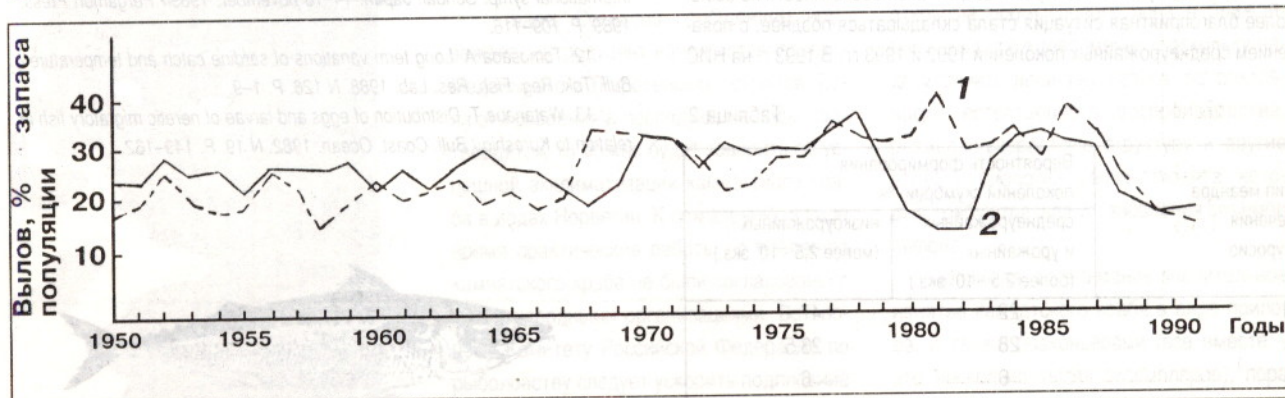


Рис. 4. Соотношение промыслового изъятия (1) и максимально допустимого вылова популяции скумбрии (2)

Таблица 1

Интенсивность циркуляции СТАК	Вероятность формирования поколений скумбрии, %		
	высоко- урожайных (более $3,5 \cdot 10^7$ экз.)	средне- урожайных [(2,5 – 3,5) $\cdot 10^7$ экз.]	низко- урожайных (менее $2,5 \cdot 10^7$ экз.)
Высокие положитель- ные аномалии (более 40 %)	14,5	15,5	71
Минимальные аномалии (диапазон 30 %)	67	22	11
Высокие отрицательные аномалии (более 40 %)	28	28	44

шем уменьшении интенсивности СТАК (отрицательные аномалии составляют более 40 % от среднеемноголетнего значения) вероятность появления средне- и высокоурожайных поколений снова мала, а низкоурожайных велика. Температура воды опускается за нижний предел оптимума.

Связь между интенсивностью циркуляции и урожайностью поколений скумбрии нелинейна и на всех фазах развития носит вероятностный характер. Причин, как минимум, две: в отдельные годы фактические значения интенсивности циркуляций могут отличаться от трендовой кривой; кроме температурного существуют другие абиотические (волнение, ветровой режим) и биоценологические факторы, которые вносят дополнительное возмущение в общий фон океанологического режима. Кроме того, ощутимо влияет на урожайность поколений изменчивость Куроисио (наличие или отсутствие меандра). Отсутствие меандра или его положение по типу А считали дестабилизирующим фактором, снижающим урожайность поколений, так как в этом случае основной поток Куроисио проходит через нерестилища и выносит значительную часть потомства в океанические малопродуктивные районы. Наиболее благоприятные условия для выживания икры и личинок возникают при меандре типа С, когда основные нерестилища располагаются внутри него. Наши данные подтвердили наличие общей связи между урожайностью поколений и положением Куроисио на нерестилищах. Она тоже имеет вероятностный характер, но менее выражена. Из табл. 2, в которой представлены данные за 1950–1992 гг., видно, что среднеурожайные и урожайные поколения могут формироваться при любых типах меандра, но всего вероятнее их появление при меандре типа С.

Таким образом, выявленная общая связь численности и тренда океанологического режима позволяет прогнозировать тенденцию динамики запаса скумбрии в СЗТО.

По Т. Ватанабе [13] основное условие восстановления запаса тихоокеанской популяции скумбрии на высоком уровне – увеличение количества выметанной икры до $(200–250) \cdot 10^{12}$ шт., что может быть обеспечено минимальным нерестовым запасом в 200 тыс. т.

В 80-е годы условий для реализации такой возможности не было. Более благоприятная ситуация стала складываться позднее, с появлением среднеурожайных поколений 1992 и 1993 гг. В 1993 г. на НИС

Таблица 2

Тип меандра течения Куроисио	Вероятность формирования поколений скумбрии, %	
	среднеурожайных и урожайных (более $2,5 \cdot 10^7$ экз.)	низкоурожайных (менее $2,5 \cdot 10^7$ экз.)
N	22	47
A	28	23,5
B	6	6
C	44	23,5

“Профессор Леванидов” в 200-мильной зоне Японии проводилась траловая съемка, которая показала значительное увеличение численности скумбрии в СЗТО. Запас вырос с $0,37$ млн т в 1990 г. до $1,0$ млн т в 1994 г. Появление среднеурожайных поколений приходится на благоприятный по фоновым условиям период, который, вероятно, будет продолжаться 10–12 лет, что должно привести к значительному росту численности скумбрии. Состояние популяции таково, что уже в ближайшее время можно организовать промысел скумбрии. Однако, по-видимому, российский промысел будет возобновлен в два этапа. На первом, когда запас еще невелик, лов будет возможен в 200-мильной зоне Японии осенью и зимой у побережья о-ва Хонсю. На втором – средний и высокий уровень запаса позволит эффективно вести добычу в зимне-весенний и осенне-зимний периоды у побережья о-ва Хонсю, а летом и осенью – у Южных Курильских островов и в океанических районах за пределами 200-мильной зоны Японии. На втором этапе могут быть достигнуты показатели промысла 70-х годов.

Литература

- Беляев В.А., Рыгалов В.Е. Распределение личинок и формирование численности поколений восточной скумбрии *Scomber japonicus* Houttuyn (Scombridae) в северо-западной части Тихого океана // Вопросы ихтиологии. 1986. Т. 26, вып. 4. С. 593–599.
- Беляев В.А., Новиков Ю.В., Свирский В.Г. Запасы дальневосточной сардины и изменения в ихтиоценозе СЗТО // Рыбное хозяйство. 1991. N 8. С. 24–27.
- Галерник Л.И., Бараш М.Б., Сапожников В.В., Пастернак Ф.А. Тихий океан. – М.: Мысль, 1982. – 312 с.
- Максимов А.А. Цикличность массовых размножений животных – основа долгосрочного прогнозирования // Экология. 1978. N 6. С. 5–13.
- Новиков Ю.В., Иванов А.Н., Булатов Н.В. Тенденции запаса пелагических рыб северо-западной части Тихого океана // Конференция научного общества промысловой океанографии. – Токио: Суйсан кайо кэнкю. 1991. Т. 55. N 1. С. 63–72.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО. 1993. – 425 с.
- Hanawa K. Long-term variations of the atmospheric circulation over the North Pacific and the Oyashio // Bull. Hokkaido Nation. Fish. Res. Inst. 1991. Vol. 55. P. 125–139.
- Kawasaki T. Recent discussion on the fluctuations of mackerel and saury resources // Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr. 1971a. Vol. 18. P. 16–24.
- Kawasaki T. Fluctuation of the Pacific subpopulation of mackerel (*Pneumatophorus Japonicus*) in Japan // Bull. Reg. Fish. Res. Lab. 1971b. Vol. 66. P. 75–88.
- Kawasaki T. Decade of the Regime shift of small pelagics-from the FAO expert consultation (1983) to the Pices III (1994) // Bull. Jap. Soc. Fish. Oceanogr. 1994. Vol. 58. N 4. P. 321–333.
- Kobayashi M., Kuroda K. Estimation of main spawning grounds of the Japanese sardine from a viewpoint of transport condition of its eggs and larvae // Long-term variability of pelagic fish population and their environment. International symp. Sendai. Japan. 14–18 november. 1989 // Pergamon Press. 1989. P. 109–116.
- Tomosada A. Long term variations of sardine catch and temperature // Bull. Tok. Reg. Fish. Res. Lab. 1988. N 126. P. 1–9.
- Watanabe T. Distribution of eggs and larvae of neretic migratory fish in relation to Kuroshio // Bull. Coast. Ocean. 1982. N 19. P. 149–162.

