

УДК 597.555.5

**ОСОБЕННОСТИ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ
ЗАПАСОВ СТАД ТРЕСКИ *GADUS MACROCEPHALUS*
TILESII, 1810 И МИНТАЯ *GADUS CHALCOGRAMMUS*
PALLAS, 1814 (GADIFORMES, GADIDAE)
В ЗАПАДНЫХ ВОДАХ о. САХАЛИН
В ПЕРИОД 1980–2010-х гг.**

Ким Сен Ток (n.kim@sakhniro.ru)

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

Ким, Сен Ток. Особенности многолетней динамики запасов стад трески *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810 и минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 (Gadiformes, Gadidae) в западных водах о. Сахалин в период 1980–2010-х гг. [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. 21–37.

Промысловые стада трески и минтая западных вод о. Сахалин характеризуются многолетними флюктуациями численности. Динамика запасов рыб, их вылов и размерно-возрастная структура, а также многолетнее изменение температуры воды в районе как показателя вариабельности среды обитания демонстрируют закономерный циклический характер. Высокая попарная корреляция рассмотренных параметров указывает на их зависимость от долгопериодной изменчивости среды обитания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тихоокеанская треска, тихоокеанский минтай, западный Сахалин, динамика запасов, вылов, температурный режим.

Табл. – 3, ил. – 6, библиогр. – 10.

Kim, Sen Tok. Some aspects of long-term dynamics of Pacific cod *Gadus macrocephalus* and walleye pollock *Gadus chalcogrammus* stocks in western Sakhalin waters during 1980–2010 [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. 21–37.

The commercial stocks of Pacific cod and walleye pollock distributed in western Sakhalin waters are characterized by multiannual fluctuations in fish biomass. Both, dynamics of their resources, catch, and size-age structure and a long-term changing in water temperature, as an environmental factor, demonstrate a regular cyclic character. The high pairwise correlation of considered parameters indicates their dependence on the long-term environmental variability.

KEY WORDS: Pacific cod, walleye pollock, western Sakhalin, stock dynamics, catch, temperature regime.

Tabl. – 3, fig. – 6, ref. – 10.

Характерный отклик эксплуатируемого стада рыб на внешнее влияние во многом индивидуален и связан с длительностью жизненного цикла вида, величиной стада, интенсивностью промысла, условиями среды обитания (Никольский, 1974; Рикер, 1979). Ввиду периодических многолетних и зачастую спонтанных ежегодных изменений урожайности поколений общий тренд динамики численности конкретной популяции на относительно небольшом промежутке времени может выглядеть неочевидным. Вместе с тем изучение долгопериодной флюктуации биологических, океанографических и промысловых параметров в едином комплексе позволяет представить некоторые гипотезы о современном состоянии западно-сахалинских стад тихоокеанской трески и тихоокеанского минтая в условиях изменяющейся интенсивности их эксплуатации в последние десятилетия. В настоящей работе рассматриваются такие показатели, как промысловая биомасса, средний возраст, средняя длина рыб и относительная численность 2–6-годовалых в стаде, учтенные в ходе научных траловых съемок. Кроме того, представлены многолетние тренды годового вылова, а также долгопериодные изменения температуры поверхностного слоя моря у западных берегов Сахалина, характеризующие общую динамику среды обитания рыб.

Треска и минтай относятся к числу тех немногих ценных промысловых объектов Татарского пролива, которые уже длительное время находятся на низком уровне численности (Ким, 2006, 2007). В середине 2010-х гг., судя по данным немногочисленных траловых съемок, биомасса их стад начала увеличиваться. Причины возникновения и перспективы сохранения положительного тренда в современной динамике запасов обоих видов пока остаются неясными. Вместе с тем общий характер многолетнего изменения биомассы стад, причины и признаки, формирующие основные тренды, имеют большое значение для определения перспектив последующего развития промысла.

Основная цель работы заключается в характеристике динамики некоторых биологических и промысловых параметров рассматриваемых стад, определении основных трендов в постоянно меняющейся среде обитания рыб и в оценке уровня корреляции между многолетней динамикой среды и биомассой стад.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Общая статистика промысла для периода 2003–2016 гг. была получена из информации Отраслевой системы мониторинга (ОСМ) Росрыболовства, более ранние материалы – с 1982 по 2002 г. – взяты из ежегодной статистической информации производственного объединения (ПО) «Сахалинрыба». Ежегодные данные по размерно-возрастному составу, среднему возрасту и средней длине рыб были получены в ходе научно-исследовательских рейсов, сборов на пунктах сдачи уловов рыбокомбинатов (г. Александровск-Сахалинский, г. Чехов) и рыболовецких колхозов (им. Ленина, с. Яблочное) западного побережья Сахалина. Суммарный объем выборки для определения размерно-возрастных характеристик составлял 42 399 экз. минтая и 13 856 экз. трески. Возраст рыб определялся по отолитам. Промысловая биомасса стад рассчитывалась по результатам учетных траловых съемок, выполненных в период 1983–2015 гг. Общее количество станций в ходе 24 траловых учетных съемок в районе достигало 2 130 (табл. 1).

Таблица 1

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

Table 1

List of trawl-acoustic surveys conducted by SakhNIRO and TINRO
in the west Sakhalin waters since 1983 to 2015

№ п/п.	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, за исключением подзоны Приморье.

* TINRO count survey, except for the Primorye subzone.

Пространственное распределение трески и минтая в теплый период года охватывает весь шельф и верхние участки свала глубин Татарского пролива (рис. 1). 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°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. Максимальная величина корреляции рядов наблюдений определялась путем изменения временного лага между всеми сравниваемыми параметрами.

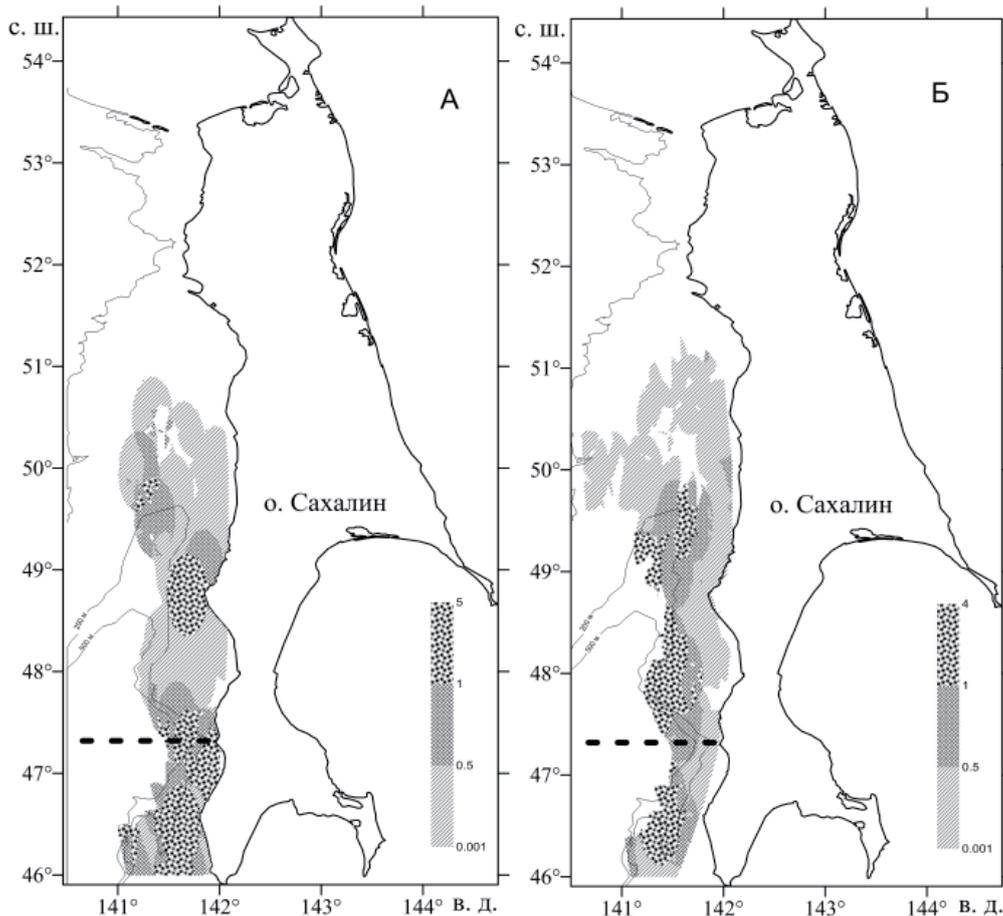


Рис. 1. Общее распределение трески (А) и минтая (Б) летом 2015 г. и расположение векового гидрологического разреза м. Слепиковского – м. Золотой (прерывистая линия) в западно-сахалинских водах

Fig. 1. Spatial distribution of Pacific cod (А) and walleye pollock (Б) in summer 2015, and location of the century-old oceanographic section Cape Slepikovsky – Cape Zolotoy (dash line) in western Sakhalin waters

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Треска. Информация многолетних учетных донных траловых съемок, выполненных у западного побережья о. Сахалин, показывает, что в обозримый период прошлого наиболее высокую биомассу исследуемое стадо трески имело в конце 1980-х – начале 1990-х гг. (Ким, 1998, 2006). Начало 1980-х гг. характеризовалось ростом, а длительный временной интервал от конца 1990-х до конца 2000-х гг. – снижением биомассы стада. В период с конца 2000-х гг. и по настоящее время наблюдаются завершение отрицательного тренда и, вероятно, начало нового этапа роста запаса (рис. 2).

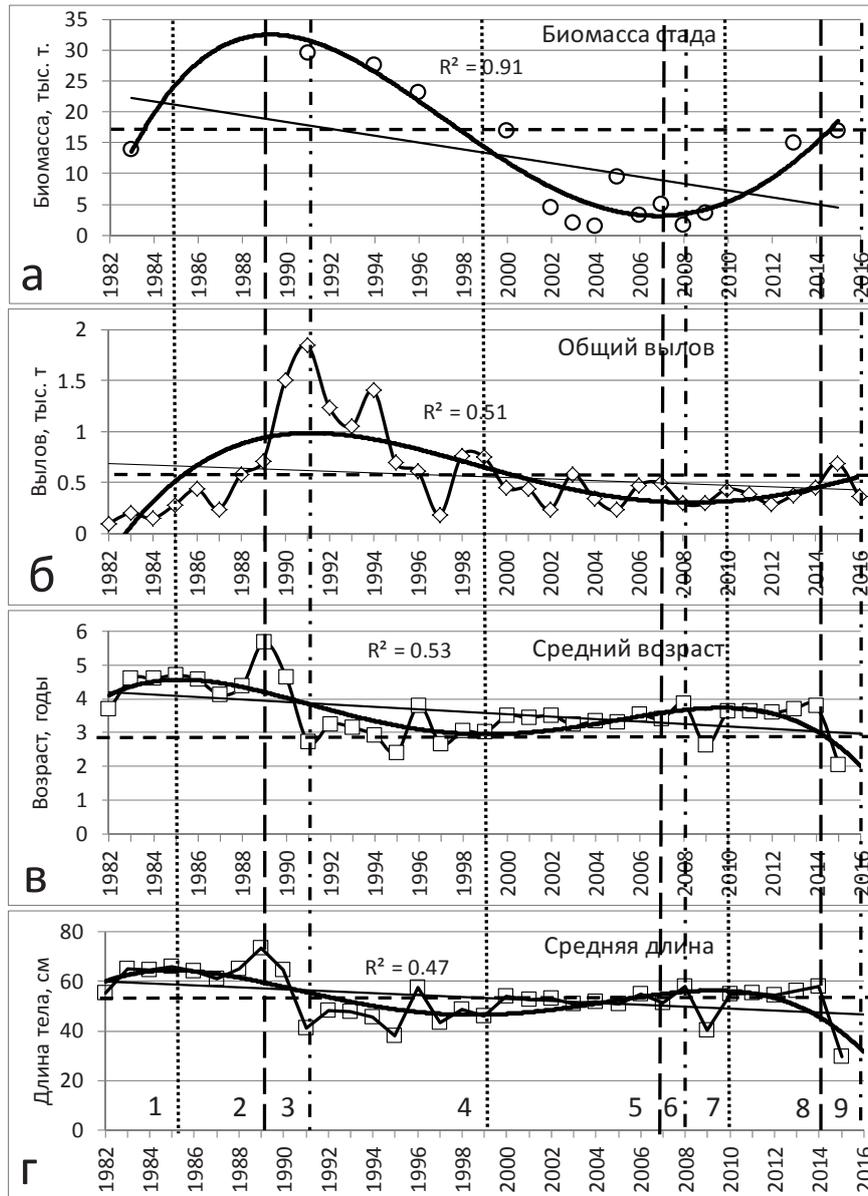


Рис. 2. Многолетняя динамика промысловой биомассы стада (а), вылова (б), среднего возраста (в) и средней длины тела (г) трески западно-сахалинского стада в 1982–2016 гг., линейный (прерывистая линия) и полиномиальный (жирная линия) тренды с 4-летним сглаживанием, R^2 – коэффициент аппроксимации исходных данных и полиномиальной кривой тренда, вертикальные линии указывают на первый пик, максимальное падение и второй пик на кривых тренда среднего возраста и длины (1, 4, 7), биомассы (2, 5, 8) и вылова (3, 6, 9), линии 8 и 9 построены от линии 7 по аналогии с расположением линий 2 и 3 от 1

Fig. 2. Long-term dynamics of commercial stock biomass (a), annual catch (б), mean age (в) and mean body length (г) of the West-Sakhalin Pacific cod in 1982–2016; linear (dash line) and polynomial (heavy line) trends with the 4-year smoothing; R^2 – coefficient of approximation of the initial data and polynomial curve of the trend; vertical lines indicate the first peak, maximal fall, and the second peak on the trend curves for mean age and length (1, 4, 7), biomass (2, 5, 8), and catches (3, 6, 9); lines 8 and 9 are built off the line 7 by analogy with the location of lines 2 and 3 off the line 1

Сравнительный анализ многолетней динамики запаса трески и среднемноголетних аномалий поверхностной температуры воды на стандартном разрезе м. Слепиковского – м. Золотой (**рис. 3**) указывает на значительную связь между рассматриваемыми трендами. Коэффициент корреляции двух параметров в период 1983–2016 гг. при 4-летнем сглаживании данных составляет 0,77.



Рис. 3. Динамика температурного режима в южной части Татарского пролива по данным разреза м. Слепиковского – м. Золотой в период 1949–2012 гг., полиномиальный тренд с 4-летним сглаживанием (жирная линия)

Fig. 3. Dynamics of temperature regime in the southern Tatar Strait from the data on Cape Slepikovskiy – Cape Zolotoy oceanographic section during 1949–2012; polynomial trend is given with the 4-year smoothing (heavy line)

Вместе с тем в период до 1987–1988 гг. сглаженные тренды изменения температурных аномалий воды и запасов трески в районе не совпадают. Максимальное потепление морской среды наблюдалось в 1960-х – первой половине 1970-х гг., после чего происходило постепенное похолодание до конца 2000-х гг., с последующим завершением отрицательного тренда в начале 2010-х гг. Общая периодичность этого процесса составляет примерно 60 лет.

Запасы трески в Татарском проливе исследовались до 1987 г. нерегулярно и в разные сезоны года, причем зимняя съемка 1983 г. показала низкий уровень ресурсов вида. Это привело к тому, что на протяжении 1983–1988 гг. общий тренд изменения запасов трески в районе оказался положительным, то есть наблюдался рост ее ресурсов. Полагая, что оценка 1983 г. была достоверна, можно предположить, что ухудшение воспроизводства в стаде на рубеже 1970–1980-х гг. было связано с холодным десятилетием 1976–1986 гг., внутри которого наблюдался ряд лет с существенными отрицательными аномалиями температуры воды.

Этот период был довольно продолжительным, что могло определить временное сокращение биомассы промыслового стада. Если ориентироваться на изменение обоих исследуемых параметров после 1988 г., то совпадение трендов является очевидным. В общем случае видно, что холодные годы в районе, обусловленные, по всей видимости, ослаблением Цусимского течения, приводили к уменьшению биомассы западно-сахалинской трески, а последующее потепление обуславливает рост биомассы стада. Общий характер долгопериодной цикличности изменения биомассы стада дополняется случаями кратковременных ее флюктуаций, обусловленных короткими 2–3-летними перио-

дами потепления или похолодания вод внутри общей многолетней динамики среды обитания. Характер воздействия Цусимского течения на динамику численности рыб в западно-сахалинских водах еще предстоит изучить. Наряду с благоприятным воздействием собственно температурного режима моря через повышение первичной продуктивности значимым фактором может оказаться изменение типа циркуляции вод в районе при ослаблении или усилении течения, отражающееся на характере распределения икры и личинок на ранних этапах развития вида.

Динамика годового вылова трески у западного Сахалина за 1982–2016 гг. демонстрирует картину, идентичную изменениям биомассы стада в исследуемый период. Корреляция обоих параметров высокая и достигает 0,89 при условии 4-летнего сглаживания обоих рядов и 2-летнего лага опережения биомассы над выловом. За обозримый 30-летний период просматривается один полный цикл изменений запаса и соответственно один цикл в многолетней динамике вылова, равный примерно 25–30 годам. В годы высокого уровня запаса наблюдается рост интенсивности его освоения, а при уменьшении запаса – сопутствующее сокращение его промысла. Характерное запаздывание реакции промысла на снижение или увеличение запаса – в его наблюдаемом варианте, не превышает 1–2 лет. Наиболее интенсивное освоение ресурсов трески наблюдалось в 1989–1997 гг. Это время совпадает с периодом появления ряда урожайных поколений, видимо, в значительной мере, эксплуатировавшихся промыслом уже на этапе их вхождения в промысловое стадо.

В размерно-возрастном составе стада трески за весь период наблюдений можно выделить примерно пять поколений повышенной урожайности, появившихся в 1978, 1983, 1997, 2000, 2007 гг. Каждое из отмеченных поколений в течение 6–9 лет своей жизни формировало основу промысловой биомассы стада и последовательно прослеживалось по размерным рядам смежных лет. При этом только два поколения – 1978 и 1983 гг. – полноценно вошли в промысловое стадо и способствовали его увеличению в период с конца 1980-х по начало 1990-х гг. Они же определили постепенный прирост среднего возраста рыб в стаде в 1980-х гг. Поколения 1997 и 2000 гг. появились на этапе снижения общего запаса и, несмотря на свою повышенную относительную биомассу, не способствовали увеличению всего стада. Появление последнего урожайного поколения 2007 г. привело к новому росту запаса и приросту среднего возраста рыб в стаде в начале 2010-х гг.

Динамика среднего возраста рыб в стаде может быть связана как с появлением или отсутствием урожайных поколений, так и с влиянием промысла. Ряд поколений, рожденных в 1989, 1990, 1991, 1992, 1994, 1995, 2013 гг. и отнесенных к предположительно урожайным когортам, демонстрировали повышенный уровень своей биомассы лишь до 3–4 года жизни, превышая на 20–25% среднемноголетний уровень биомассы одновозрастных поколений. В последующем они особо не выделялись, что указывает на повышенную смертность рыб указанных поколений на этапе вхождения в промысловое стадо. Почти все они были отмечены в период максимального уровня и последующего снижения биомассы стада, наблюдавшегося в конце 1990-х – 2000-х гг. В этот период начиналось постепенное похолодание среды обитания. При этом ускоренный процесс элиминации этих поколений, видимо, происходил под

усиленным промысловым воздействием, так как в 4–5-летнем возрасте уровень естественной смертности трески должен быть минимальным.

Наряду с общей динамикой стада была рассмотрена динамика численности отдельных возрастных групп трески (рис. 4). В динамике этих групп прослеживается собственная многолетняя цикличность со сходной периодичностью при разности фаз колебания. Двухгодовики трески формировали повышенную биомассу в стаде в середине 1990-х гг. и значительно выделялись в середине 2010-х гг. Подобного вида цикличность несколько напоминает многолетнюю картину изменения общей биомассы стада и общего вылова. Вместе с тем общая корреляционная зависимость между последними параметрами и относительной биомассой 2-годовиков оказалась низкой и не превышала 0,16–0,29 (табл. 2). Последующие возрастные классы имели пики своей биомассы позже каждого предыдущего класса, к примеру, 3-годовики – на границе 1990–2000-х гг., 4-годовики – в конце 2000-х гг., 5-годовики – в начале 2010-х гг., 6-годовики – также в начале 2010-х гг. Следующая волна у 4-годовиков прослеживалась в начале 1980-х гг., 5-годовиков – во второй половине 1980-х гг., 6-годовиков – также во второй половине 1980-х гг.

Судя по приведенным данным, максимальный прирост запаса трески, в общем случае, видимо, определялся не появлением какого-либо одного урожайного поколения, а постепенным накоплением в стаде рыб разных поколений. Этот процесс определяет большой временной интервал между высоким уровнем биомассы 2-леток и высоким уровнем 3-леток, равный примерно 5–6 годам. Переход от доминирования 3-леток в стаде к преобладанию 4-леток занимает около 9–10 лет. Последующий рост биомассы одновозрастных группировок старшевозрастных особей происходит уже значительно быстрее – на протяжении 1–2 лет, что может быть связано с резким нарастанием индивидуальной массы тела рыб в этих возрастных группах.

Корреляция между средним возрастом рыб в стаде и средней промысловой биомассой всего стада при условии 4-летнего сглаживания обоих параметров составляет $r=0,413$. Максимальная ее величина наблюдается при 9-летнем лаге опережения начала изменения возраста над запасом ($r=0,91$). Несглаженные ряды дают меньший уровень корреляции, достигающий $r=0,75$, при 7-летнем временном лаге. Вместе с тем если рассматривать начало циклов флюктуаций на протяжении первого десятилетия исследований (1983–1993 гг.), то видно, что пики биомассы стада и среднего возраста рыб различаются лишь на 4 года, причем повышение возраста рыб по времени опережает последующий рост запаса. Эта динамика выглядит более логичной с биологической точки зрения, так как именно в связи с накоплением старшевозрастных особей должно происходить увеличение биомассы стада.

Прямая связь между средним возрастом рыб и выловом практически отсутствует, но оказывается высокой, достигая уровня 0,89, при 6-летнем лаге опережения вылова над средним возрастом.

В последние десятилетия общая динамика биомассы стада, вылова и среднего возраста рыб показывает нисходящий линейный тренд. Таким образом, следующая фаза роста ресурсов, вполне вероятно, будет уступать предыдущей.

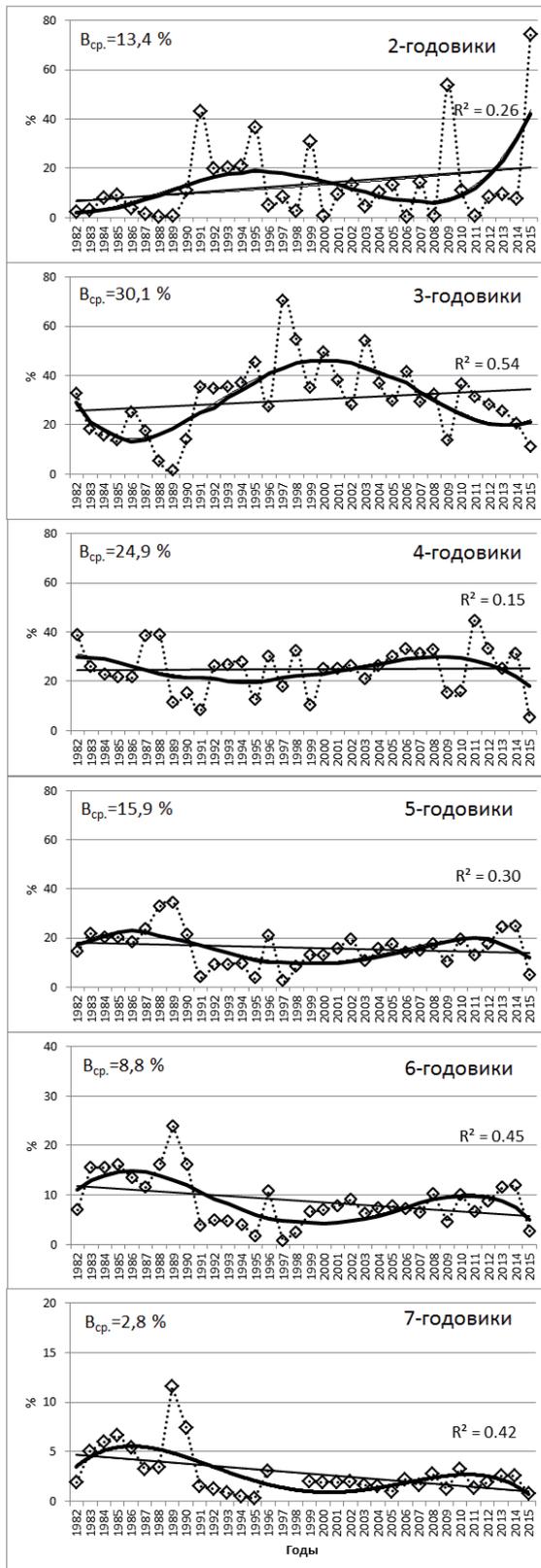


Рис. 4. Многолетняя динамика относительной биомассы возрастных групп трески 2–7 лет в 1982–2015 гг. Представлены линейный и полиномиальный тренды, указан среднемноголетний уровень биомассы рыб (B_{cp}), коэффициент аппроксимации R^2 для полинома

Fig. 4. Long-term dynamics of relative biomass of the Pacific cod age groups of 2 to 7 years old in 1982–2015. Linear and polynomial trends, multi-annual average of fish biomass (B_{cp}), coefficient of approximation R^2 for polynomial are represented

Таблица 2

Попарная корреляция среднего возраста рыб, вылова, общей биомассы и биомассы отдельных возрастных групп 2–7 лет для трески западного Сахалина

Table 2

Pairwise correlation of the fish mean age, catch, total biomass and biomass of individual age groups of 2–7 years old for the West-Sakhalin Pacific cod

	Средний возраст	Средняя длина	Общий вылов	Общая биомасса	Биомасса 2-леток	Биомасса 3-леток	Биомасса 4-леток	Биомасса 5-леток	Биомасса 6-леток	Биомасса 7-леток
Средний возраст										
Средняя длина	0,989									
Общий вылов	0,004	-0,097								
Общая биомасса	0,413	0,294	0,828							
Биомасса 2-леток	-0,667	-0,75	0,279	0,158						
Биомасса 3-леток	-0,75	-0,696	0,035	-0,428	0,074					
Биомасса 4-леток	0,395	0,509	-0,821	-0,668	-0,737	-0,152				
Биомасса 5-леток	0,904	0,892	-0,162	0,258	-0,459	-0,908	0,464			
Биомасса 6-леток	0,972	0,943	0,006	0,458	-0,505	-0,876	0,337	0,956		
Биомасса 7-леток	0,643	0,614	0,095	0,404	0,652	-0,497	0,101	0,544	0,652	

Условия среды обитания являются основным фактором, определяющим динамику неэксплуатируемого стада рыб. Флюктуация биомассы стада возле некоего среднего уровня характерна для всех популяций, и рассматриваемая популяция трески не является исключением. Высокая корреляционная связь между уровнем запаса и температурными аномалиями воды в зоне его обитания доказывает зависимый характер и природу колебаний ресурсов трески. Влияние промысла также присутствует, что выражается в постоянном давлении на уровень запаса, и, видимо, особенно сильно сказывается на этапе естественного снижения биомассы стада – ускоряя или углубляя негативные последствия. В случае со стадом западно-сахалинской трески влияние промысла явно вторично, и на фоне начинавшегося с середины 1990-х гг. похолодания, когда аномалии температуры воды снизились ниже среднемноголетнего уровня, запас находился в неблагоприятных природных условиях, что наряду с промыслом препятствовало ускоренному воспроизводству. Лишь с проявлением очередного этапа потепления климата в 2010-х гг. вновь начинают отмечаться некоторые признаки роста запаса. Косвенно об этом же свидетельствуют подъем годового вылова и интенсификация лова последних лет.

Вышеприведенные данные указывают на то, что косвенным признаком роста или снижения запаса трески может быть средний возраст или средний размер рыб в стаде. Оба признака тесно коррелируют друг с другом ($r=0,989$). При отмеченной интенсивности промысла увеличение среднего возраста (размера) рыб указывает на появление и последующее влияние урожайных поколений на промысловое (нерестовое) стадо. Величина среднего возраста (размера) хорошо коррелирует с относительной биомассой рыб 5–7-летнего возраста (см. табл. 2). Ориентация на средние размерно-возрастные характеристики рыб должна вестись с учетом интервала между годами максимального среднего возраста (длины тела) и максимума промысловой биомассы стада. Рост промысловых ресурсов может прогнозироваться только на фоне общих положительных изменений в условиях среды обитания, благоприятствующих воспроизводству вида, то есть в данном случае – при потеплении вод Татарского пролива. При последующем похолодании климата, по всей вероятности, даже появление урожайного поколения не может привести к продолжительному росту ресурса. Высокий уровень эксплуатации тоже может негативным образом повлиять на возможность достижения максимального уровня запаса.

Минтай. Вторым важным промысловым объектом, многолетняя динамика которого может рассматриваться с целью определения основных тенденций изменений биологических сообществ и среды их обитания в западных водах Сахалина, является минтай. Общая структура стад минтая и трески имеет сходные черты, значимые при определении характера динамики запаса. Несмотря на существенное различие размерно-массовых характеристик рыб, у обоих видов наблюдаются сходная продолжительность жизни, возрастной ряд и огиба половозрелости.

В силу широкого использования всей толщи моря минтай, особенно на первых годах жизни, является явным придонно-пелагическим видом и преимущественно планктофагом, тогда как треска больше привязана к придонному слою моря и относится к демерсальным рыбам, имеющим широкий спектр питания донными и пелагическими объектами. Вместе с тем выживаемость обоих видов, определяемая на этапе раннего пелагического образа жизни личинок, связана с термическим режимом верхних слоев моря, в том числе опосредованно через развитие кормовой базы.

Информация по изменениям запаса минтая в районе имеется с 1989 г. Существующие данные свидетельствуют, что за последующий 28-летний период произошло четкое однозначное снижение ресурсов вида, прослеживаемое до середины 2000-х гг. (рис. 5). Впоследствии началось некоторое восстановление стада, идущее очень медленными темпами и не приведшее пока к заметному приросту запаса. Если сравнивать многолетнюю динамику стада минтая и трески в эти годы, то видно большое сходство между ними. Это подтверждается высокой корреляционной связью между рядами наблюдений по биомассе обоих видов за период 1989–2015 гг., достигающей 0,82. Корреляция между ежегодной биомассой минтая и аномалиями температуры воды на стандартном разрезе м. Слепиковского – м. Золотой составляет 0,84. Это указывает на прямую зависимость запасов обоих видов от локальной динамики среды их обитания.

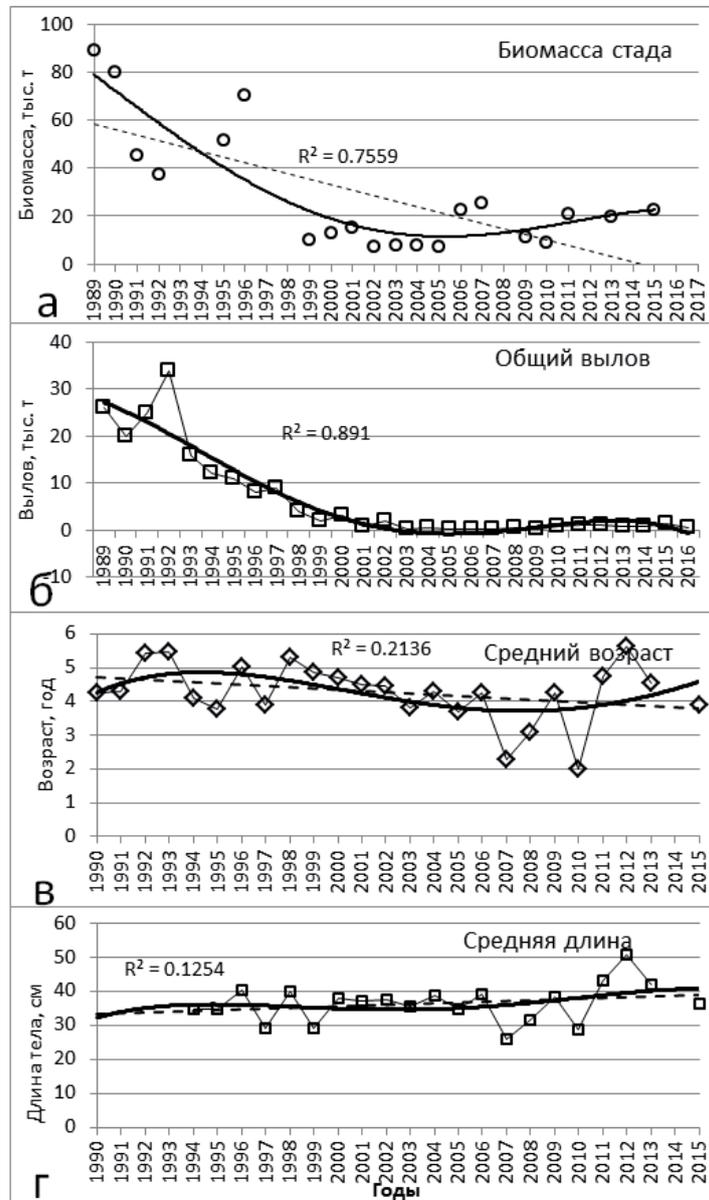


Рис. 5. Многолетняя динамика биомассы стада (а), общего вылова (б), среднего возраста (в) и средней длины тела (г) минтая западно-сахалинского стада в 1982–2016 гг., линейный (прерывистая линия) и полиномиальный (жирная линия) тренды с 4-летним сглаживанием, R^2 – коэффициент аппроксимации исходных данных и полиномиальной кривой тренда, вертикальные линии указывают на первый пик, максимальное падение и второй пик на кривых тренда среднего возраста и длины (1, 4, 7), биомассы (2, 5, 8) и вылова (3, 6, 9), линии 8 и 9 построены от линии 7 по аналогии с расположением линий 2 и 3 от 1

Fig. 5. Long-term dynamics of stock biomass (a), annual catch (б), mean age (в), and mean body length (г) of the West-Sakhalin walleye pollock in 1982–2016; linear (dash line) and polynomial (heavy line) trends with the 4-year smoothing; R^2 – coefficient of approximation of the initial data and polynomial curve of the trend; vertical lines indicate the first peak, maximal fall, and the second peak on the trend curves for mean age and length (1, 4, 7), biomass (2, 5, 8), and catches (3, 6, 9); lines 8 and 9 are built off the line 7 by analogy with the location of lines 2 and 3 off the line 1

Следует указать, что по данным Маеда и др. (Maeda et al., 1993), в водах географически близкого юго-западного побережья о. Хоккайдо первая половина 1980-х гг. характеризовалась снижением вылова минтая, а вторая половина десятилетия – ее ростом. Это согласуется с имеющейся информацией по межгодовым изменениям запасов минтая для всей северной части Японского моря в период 1970–1980-х гг. (Зверькова, 2003). Пониженный уровень запасов западно-сахалинского минтая в начале 1980-х гг. и увеличение его промыслового стада в 1982–1989 гг., то есть динамику, характерную для запасов и западно-сахалинской трески, подтверждают данные промысловой статистики. Видимо, общий характер изменений запасов минтая и трески в 1980–2010-х гг. был сходным и одновременно тесно связан со средой их обитания. В целом, можно принять гипотезу о появлении урожайных поколений минтая в Татарском проливе в годы повышенного теплозапаса вод, то есть в периоды усиления Цусимского течения, которая предлагалась в свое время Л. М. Зверьковой (1981). Механизм этого процесса может быть связан с увеличением продуктивности вод юго-западного Сахалина при повышении их теплозапаса в благоприятные годы (Федотова, 1984).

Динамика годового вылова минтая демонстрирует картину снижения вылова от начала 1990-х гг. до середины 2000-х гг., затем небольшой рост, завершившийся в 2013 г., и дальнейшее падение, вплоть до минимальных значений. Как и в случае с треской, многолетняя корреляция между запасом минтая и его ежегодным выловом является высокой и достигает 0,73 (табл. 3). Сравнение динамики этих параметров у обоих видов показывает, что в динамике годового вылова трески последний этап снижения запаса пока четко не проявляется, хотя в 2016 г. вылов заметно упал по сравнению с предыдущими годами.

Частота появления урожайных поколений минтая оказывает свое влияние на многолетнее состояние его запасов. В 1990-е гг. первыми доминантными поколениями стали рыбы 1990–1992 гг. рождения, которые участвовали в формировании стада с 1994 по 2001 г., то есть, по меньшей мере, на протяжении семи лет. Следующей доминирующей группой оказались поколения 1994–1996 гг., которые составляли основу запаса в 1999–2002 гг., но, по всей видимости, были заметно малочисленнее предыдущей группы. Поколения 2000–2001 гг. рождения формировали основу промыслового запаса в 2003–2006 гг., а поколения 2005–2007 гг. рождения – в 2007–2013 гг. Современный запас (данные на 2015 г.) представлен в основной массе рыбами двух поколений – 2010 и 2014 гг. Судя по всему, каждая последующая группа доминирующих поколений в обозримом прошлом была представлена все менее многочисленными рыбами, что выражалось в виде многолетнего отрицательного тренда в состоянии запаса. Небольшой рост ресурсов минтая в 2010-х гг. на фоне низкого уровня запаса тех лет определили поколения 2005–2007 гг., в 5-летнем возрасте превысившие на 20% среднемноголетний уровень биомассы. В настоящее время эти поколения практически вышли из промыслового стада, что остановило рост запаса и, соответственно, вылова. Судя по имеющейся информации, последние доминирующие в стаде поколения 2010 и 2014 гг. не являются столь массовыми, как предыдущая группа.

Таблица 3

Попарная корреляция среднего возраста рыб, вылова, общей биомассы и биомассы отдельных возрастных групп 2–7 лет для минтая западного Сахалина

Table 3

Pairwise correlation of the fish mean age, catch, total biomass and biomass of individual age groups of 2–7 years old for the West-Sakhalin walleye pollock

	Средний возраст	Общий вылов	Общая биомасса	Биомасса 2-леток	Биомасса 3-леток	Биомасса 4-леток	Биомасса 5-леток	Биомасса 6-леток	Биомасса 7-леток
Средний возраст									
Общий вылов	0,690								
Общая биомасса	0,686	0,992							
Биомасса 2-леток	-0,408	0,279	0,239						
Биомасса 3-леток	0,314	0,151	0,137	-0,394					
Биомасса 4-леток	-0,305	-0,092	-0,198	0,544	0,361				
Биомасса 5-леток	-0,17	-0,390	-0,308	-0,321	-0,709	-0,802			
Биомасса 6-леток	0,794	0,794	0,828	-0,237	-0,045	-0,594	0,126		
Биомасса 7-леток	0,952	0,712	0,688	-0,326	0,537	-0,046	-0,451	0,732	

Многолетняя динамика отдельных возрастных классов минтая, как и у трески, демонстрирует характерную цикличность, имеющую значительный временной лаг для разных групп, и, видимо, связана с прохождением отдельных волн урожайных поколений и их накоплением (рис. 6). Можно выделить как минимум две волны, проходящие через все последовательные возрастные группы. При прослеживании первой волны видно, что она началась в 1980-х гг. для 3-годовиков, затем достигла максимума в начале 1990-х гг. для 6-годовиков и с некоторым снижением перешла к середине 1990-х гг. в группу 7-годовиков. Вторая волна прослеживается от 2000–2002 гг. в группе 3-годовиков с переходом к 2015–2016 гг. к доминированию 5–6-годовиков. Обе волны, по всей видимости, тесно связаны с формированием двух волн увеличения запаса минтая на рубеже 1980–1990-х гг. и в середине 2010-х гг. Пики волн 6-годовиков приходятся на пики указанных волн запаса, что позволяет использовать их как своего рода индикаторы максимального увеличения ресурсов вида.

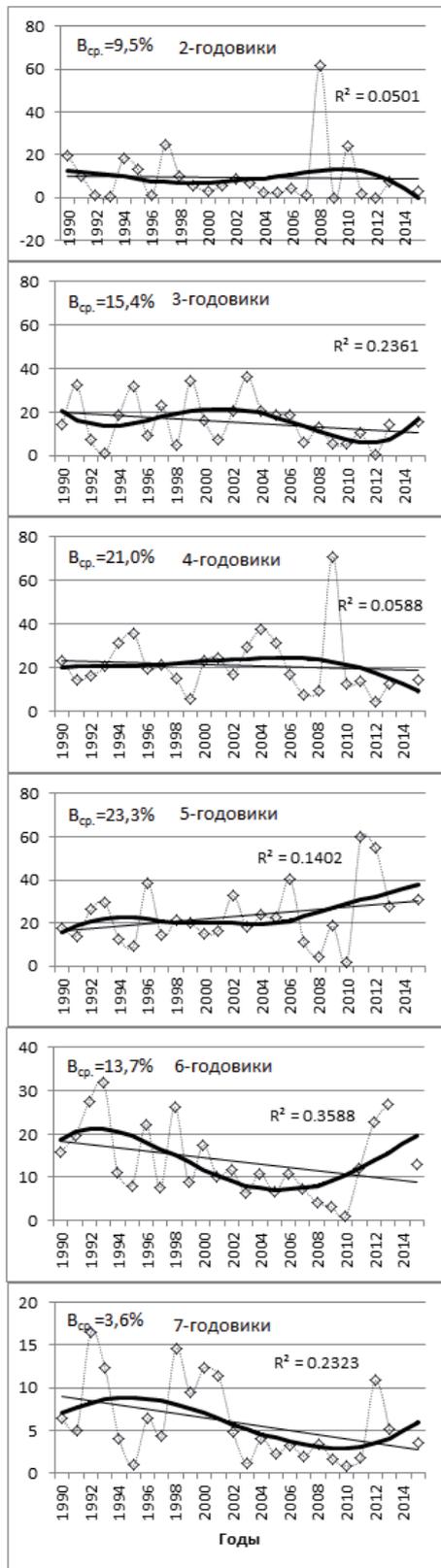


Рис. 6. Многолетняя динамика относительной биомассы возрастных групп минтая 2–7 лет в 1990–2015 гг. Представлены линейный и полиномиальный тренды, указан среднемноголетний уровень биомассы рыб ($B_{ср}$), коэффициент аппроксимации R^2 для полинома

Fig. 6. Long-term dynamics of relative biomass of the walleye pollock age groups of 2 to 7 years old in 1990–2015. Linear and polynomial trends, multiannual average of fish biomass ($B_{ср}$), coefficient of approximation R^2 for polynomial are represented

Средний возраст минтая в стаде в многолетнем аспекте менялся циклическим образом – от максимума в первой половине 1990-х гг., с минимумом во второй половине 2000-х гг. и новым ростом в середине 2010-х гг. Корреляция между средним возрастом рыб и запасом минтая довольно высокая и равна 0,69. На подобном же уровне находится связь между средним возрастом и годовым выловом ($r=0,69$). Гораздо более значима связь между средним возрастом рыб в стаде и биомассой 6- и 7-годовиков, достигающая 0,79 и 0,95 соответственно.

Линейный тренд промысловой биомассы минтая направлен на снижение, то есть небольшой рост запаса, наблюдаемый в настоящее время, явно не достигнет наивысшего уровня биомассы стада в 1980-х гг.

Промысловая эксплуатация минтая в 1980–1990-х гг. была довольно интенсивной, но значительное сходство многолетней динамики запаса с циклическостью среды обитания – аномалиями температурного режима вод, позволяет предполагать определяющую роль именно природных факторов в формировании численности стада. Как и в случае с треской, рост биомассы стада минтая наблюдается в период потепления среды обитания, и, наоборот, похолодание температурного режима негативным образом сказывается на состоянии воспроизводства рыб.

Своеобразным индикатором характера изменения динамики стада минтая может служить средний возраст рыб в стаде. На это указывает тесная связь этого показателя с биомассой стада и ежегодным выловом. Вместе с тем относительная численность 6- и 7-годовиков также может служить подобным индикатором. Средний размер рыб в стаде, видимо, мало подходит для этой роли, так как корреляция этого показателя со средним возрастом и промысловым запасом минтая находится на крайне низком уровне ($r = -0,16$ — $-0,39$).

В целом, комплексная биологическая, океанографическая и промысловая информация, касающаяся ресурсов трески и минтая западных вод Сахалина и среды их обитания, позволяет связать воедино общие тенденции, обнаруживаемые в многолетней динамике ряда происходящих в районе процессов. Характер периодических флюктуаций в промысловых стадах генерируется, по всей видимости, динамикой внешней среды и позволяет отслеживать по ряду параметров его особенности в разные периоды лет.

Природа флюктуаций с периодом 25–30 лет, наблюдаемых в динамике стад обоих видов, скорее всего, определяется периодическими климатическими процессами. Обнаруженная периодичность изменения аномалий температурного режима в западно-сахалинских водах, равная примерно 60 годам, относится **Л. Б. Кляшторным и А. А. Любушиным (2005)** к первой доминирующей периодичности изменения климата Северного полушария. Вместе с тем ими указывается и на вторую по интенсивности периодичность изменения климата, составляющую около 30 лет. Она четко проявляется в процессах атмосферной циркуляции и в ее индексах (Atmospheric Circulation Index – ACI). Примерно 30-летнее чередование так называемых «меридиональных холодных» и «зональных теплых» эпох может находить свое отражение в других климато-океанологических процессах и оказывать определяющее влияние на общую динамику численности рыб. Конец 1980-х – начало 1990-х гг. приходится на фазу роста зонального ACI. В то же время начало 2010-х гг. соотносится с фазой роста меридионального индекса. Можно предположить, что оптимальным

для формирования повышенного запаса обоих рассмотренных видов является определенный промежуточный этап именно в фазе роста обоих индексов.

Представленные результаты могут быть полезны при формировании перспективных прогнозов в современных условиях сокращения количества прямых учетных съемок, нацеленных на определение величины запасов. Они подтверждают необходимость продолжения постоянного мониторинга среды обитания как необходимого элемента прогнозной тематики. Динамика среднего возраста рыб в стаде может быть использована для применения индикаторного подхода как дополнительного инструмента, характеризующего тренд динамики численности рассматриваемого запаса. Учитывая сложность причинно-следственных отношений в природных экосистемах, определение общих тенденций и выявление связи запаса с условиями среды обитания и промыслом поможет улучшить методику прогнозирования для таких важных промысловых объектов, как тихоокеанская треска и минтай.

ЛИТЕРАТУРА

Зверькова, Л. М. Влияние естественных факторов и промысла на численность минтая северо-восточной части Японского моря [Текст] / Л. М. Зверькова // Экология, запасы и промысел минтая. – Владивосток : ТИНРО, 1981. – С. 28–40.

Зверькова, Л. М. Минтай. Биология, состояние запасов [Текст] / Л. М. Зверькова. – Владивосток : ТИНРО-Центр, 2003. – 248 с.

Ким, Сен Ток. Особенности биологии и численность тихоокеанской трески в водах западного Сахалина и южных Курильских островов [Текст] / Ким Сен Ток // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 124. – С. 212–236.

Ким, Сен Ток. Современное состояние запасов тихоокеанской трески в северной части Японского моря [Текст] / Ким Сен Ток // Рыб. хоз-во. – 2006. – № 4. – С. 35–37.

Ким, Сен Ток. Современная структура и тенденции в изменении ресурсов демерсальных рыб в западно-сахалинских водах [Текст] / Ким Сен Ток // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 148. – С. 93–112.

Кляшторин, Л. Б. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности [Текст] / Л. Б. Кляшторин, А. А. Любушин. – М. : ВНИРО, 2005. – 258 с.

Никольский, Г. В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов [Текст] / Г. В. Никольский. – М. : Пищ. пром-ть, 1974. – 447 с.

Рикер, У. Е. Методы оценки и интерпретация биологических показателей популяций рыб [Текст] / У. Е. Рикер. – М. : Пищ. пром-ть, 1979. – 408 с.

Федотова, Н. А. О циклических изменениях биомассы зоопланктона у юго-западного Сахалина [Текст] / Н. А. Федотова // Изв. ТИНРО. – 1984. – Т. 109. – С. 83–85.

History and methodology of Walleye pollock studies [Text] / **T. Maeda, S. Takagi, Y. Kamei et al.** // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. St. – 1993. – No. 42. – P. 1–14.