



Водные биологические ресурсы

Сопряжённость появления урожайных поколений массовых промысловых рыб дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана с абиотическими факторами среды

А.В. Датский¹, С.А. Датская²

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), проезд Окружной, 19, Москва, 105187

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»), Ленинские горы, д.1, Москва, ГСП-1, 119991

E-mail: adatsky@vniro.ru

Цель работы: выявление сопряжённости появления урожайных поколений массовых промысловых рыб с температурным режимом поверхностных вод и ледовитостью дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана.

Используемые методы: для достижения поставленной цели с 1921 по 2020 гг. проанализированы данные по урожайности поколений 27 группировок морских рыб. В рамках обнаружения исходных факторов, оказывающих потенциальное влияние на биомассу гидробионтов, привлечены многолетние данные по температуре воды и ледовитости.

Новизна: элементами новизны являются связи урожайности рыб с определёнными факторами среды, которые могут быть использованы для целей прогнозирования. Результаты исследования показали, что наибольшее число урожайных генераций у рыб в целом выпадает на умеренные годы, затем следуют тёплые типы лет, и в меньшей степени такие поколения зарождаются в холодные годы. Справедливо это для большинства анализируемых видов, за исключением трески, у которой преобладали поколения, появившиеся в тёплые по температуре воды годы, и камбал с их максимальной встречаемостью сверхурожайных генераций (после умеренных лет) в годы с высокой ледовитостью.

Практическая значимость: результаты настоящего исследования в виде обнаруженных закономерностей в воздействии абиотических факторов среды на урожайность рыб позволят повысить эффективность использования их сырьевой базы.

Ключевые слова: массовые промысловые рыбы, дальневосточные моря и прилегающие акватории открытой части Тихого океана, урожайные поколения, термический режим вод, ледовитость.

Correlation between the emergence of productive generations of mass commercial fish in the Far Eastern seas and adjacent areas of the open part of the Pacific ocean and abiotic environmental factors

Andrey V. Datsky¹, Sofia A. Datskaya²

¹ Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Okružhnoy proezd, 19, Moscow, 105187, Russia

² M.V. Lomonosov Moscow State University («M.V. Lomonosov MSU»), Leninskie Gory, 1, Moscow, GSP-1, 119991, Russia

Purpose of the work: revealing the relationship between the emergence of high-yielding generations of mass commercial fish and the temperature regime of surface waters and the ice cover of the Far Eastern seas and adjacent areas of the open part of the Pacific Ocean.

Methods used: to achieve the set goal from 1921 to 2020, data on the yield of generations of 27 groups of marine fish were analyzed. As part of the discovery of the initial factors that have a potential impact on the biomass of aquatic organisms, long-term data on water temperature and ice cover are involved.

Novelty: elements of novelty are the relationship of fish productivity with certain environmental factors, which can be used for forecasting purposes. The results of the study showed that the largest number of productive generations in fish as a whole falls on temperate years, followed by warm types of years, and to a lesser extent such generations are born in cold years. This is true for most of the analyzed species, with the exception of Pacific cod, which was dominated by generations that appeared in years warm in terms of water temperature, and flounders, with their maximum occurrence of overproductive generations (after moderate years) in years with cold ice cover.

Practical significance: the results of this study in the form of regularities found in the impact of abiotic environmental factors on the productivity of fish will improve the efficiency of the use of their raw material base.

Keywords: mass commercial fish, Far Eastern seas and adjacent water areas of the open part of the Pacific Ocean, productive generations, thermal regime of water masses, ice cover.

ВВЕДЕНИЕ

Морские рыбы целиком и полностью зависят от той природной среды, в которой они обитают. Динамика их численности зависит от множества факторов, которые можно сгруппировать в естественные абиотические (климато-океанологические, геофизические) и биотические (кормовая база, хищники, паразиты), популяционно-генетические, эндогенные и антропогенные (промысел, загрязнение среды обитания и т. п.). Совместный учёт всех этих факторов в идеале должен привести исследователя к пониманию причин флуктуации численности рыб и достоверному прогнозу их вылова на ближайшую и долгосрочную перспективы.

Развитие добывающих судов и орудий лова с середины 20-го века способствовало накоплению информации о морских рыбах и среде их обитания. Параллельно с этим прилагались усилия для объяснения динамики численности гидробионтов фоновыми условиями и возможным антропогенным воздействием. Важной задачей стало выявление цикличности в рыбобпродуктивности объектов промысла и оправданности прогнозов их вылова. Последующие исследования показали взаимосвязанные процессы в гидросфере, атмосфере и биосфере [Ижевский, 1961; 1964; Кушинг, 1979; Шунтов, 2001; 2016; Кляшторин, Любушин, 2005; Шунтов, Темных, 2008; 2011] и заложили базовые принципы для понимания причин изменения численности морских рыб.

Следует отметить, что многочисленные исследования по динамике численности морских рыб и влияющих на них факторов в большинстве своём охватывали либо одну локальную популяционную (региональную) группировку (или вид) рыб, либо в таких работах делали обобщения на материале, включающем в себя усреднённые данные по виду (группе видов) в целом. В последнем случае прогнозирование запасов минтая *Gadus chalcogrammus* (Pallas, 1814) и тихоокеанских лососей по таким материалам [Кляшторин, Любушин, 2005] показало отличные от реальности результаты [Шунтов, 2016]. Вполне очевидно, что численность и биомасса рыб, обитающих в конкретной акватории, во многом зависят от особенностей абиотических и биотических факторов среды именно данной акватории.

Принимая это во внимание, в предыдущей нашей работе [Датский и др., 2021] оценено воздействие абиотических и прочих (площади цветения фитопланктона, биомасса различных фракций зоопланктона) факторов на различные виды и группировки морских рыб именно с учётом региональных особенностей их распространения. В рамках этой задачи были при-

влечены данные 380 урожайных и сверхурожайных поколений 28 запасов массовых промысловых рыб Берингова, Охотского, Японского морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана. Для идентификации урожайных поколений принимали во внимание значимое присутствие данного поколения в уловах в течение нескольких лет наблюдений. Помимо высокой встречаемости, численность таких поколений превышала средние показатели в десятки и даже сотни раз. В ходе исследований были выделены скоррелированные с обилием морских рыб базовые факторы, которые в дальнейшем можно использовать в целях прогнозирования. Показано, что среди 15 рассмотренных факторов среды, тесно связанных с биомассой рыб, определяющими являлись температура воды в различных горизонтах (от поверхности до дна), ледовитость, площадь цветения фитопланктона, биомасса разных фракций и видов зоопланктона, солнечная активность. В то же время отмечено, что влияние рыболовства на запасы исследуемых рыб (в данном случае рассчитывали соотношение вылова рыб от их биомассы по десятилетиям за период с 1940 по 2020 гг.) на современном этапе незначительно.

Целью настоящего исследования является выявление сопряжённости появления урожайных поколений массовых промысловых рыб с температурным режимом поверхностных вод и ледовитостью дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана. Также представлена информация об особенностях появления поколений повышенной урожайности рыб на фоне циклов солнечной активности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании задействованы материалы по таким значимым для рыболовства в дальневосточных морях и прилегающих районах открытой части Тихого океана видам рыб как минтай, треска *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810, навага *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1810), терпуги северный однопёрый *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas, 1810) и южный однопёрый *P. azonus* Jordan & Metz, 1913, камбалы желтопёрая *Limanda aspera* Pallas, 1814 и двухлинейная *Lepidopsetta polyxystra* Orr & Matarese, 2000 и сельдь тихоокеанская *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847. В настоящей работе они представлены 27 единицами запасов (популяциями), охваченными действующим промыслом. Сведения об их распространении приведены в предыдущей нашей работе [Датский и др., 2021]. Там же отмечено, что популяционный статус рыб и границы группировок указаны с учётом существующих на настоящий момент времени зна-

ний и в некотором роде условны (отсутствует генетическая идентификация), зачастую отражая границы промысловых районов. Опубликованные материалы по урожайности отдельных поколений вышеуказанных морских рыб были дополнены результатами исследований, полученными дальневосточными научно-исследовательскими институтами на современном этапе (до 2020 г. включительно).

Многолетние данные типизации лет по ледовитости и термическому режиму вод в пределах глубин 30–100 м дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана получены из нескольких источников [Лучин, 2008; Шатилина, Кравченко, 2013; Пищальник и др., 2016; Думанская, 2017]. Межгодовая изменчивость значений ледовитости и температуры вод основана на судовых, авиационных и спутниковых данных наблюдений за ледяным покровом и температурой воздуха и воды на прибрежных гидрометеорологических станциях, а также на материалах объединённого архива глубоководных океанографических наблюдений. Для анализа изменчивости временного ряда рассчитаны аномалии ледовитости и температуры вод, вычисленные относительно климатических норм дальневосточных морей и прилегающих акваторий. Анализ ледового режима выполнялся в рамках типизации зим по суровости ледовых условий (экстремально суровые, суровые, умеренные, мягкие и экстремально мягкие). Температурный режим вод также классифицирован по пяти классам: годы, близкие к норме, тёплые, холодные, экстремально тёплые и экстремально холодные. Экстремальные годы впоследствии относили соответственно к суровым или мягким и тёплым или холодным.

Материалы по температуре вод охватывали период с 1950 по 2009 гг., по ледовитости – с 1923 по 2015 гг. Температура вод и типизация лет по этому параметру была зафиксирована для Берингова, Охотского и Японского морей [Лучин, 2008], для тихоокеанских вод в районе южных Курильских о-ов [Шатилина, Кравченко, 2013]. Материалы по ледовитости Охотского моря с привязкой к типам лет взяты из работы В.М. Пищальника с соавторами [2016], Берингова, Японского морей и прилегающих вод – из работы И.О. Думанской [2017]. При этом используемые для сравнения вышеуказанные данные были наиболее приближены к районам обитания рыб. К примеру, при сопоставлении типов лет по ледовитости для северных группировок (минтай и треска анадырско-наваринские, минтай западноберингоморский, треска и навага карагинские и т. д.) задействованы материалы в районе г. Анадырь, для умеренных (минтай

и треска восточнокамчатские) – в районе о. Беринга [Думанская, 2017].

Для определения уровня солнечной активности используют различные индексы (площадь пятен, вспышки, поток солнечного радиоизлучения и т. д.), однако чаще всего применяют усреднённые за год числа Вольфа. В нашем случае данные среднегодовых чисел Вольфа с 1923 по 2021 гг. взяты с сайта SpaceWeatherLive¹. Периодические изменения в солнечной активности называются солнечными циклами. Наиболее заметно выражен цикл длительностью около 11 лет (его длительность в 18–20 веках менялась от 7 до 17 лет, а в 20–21 веках – от 10 до 12 лет). Данный цикл характеризуется довольно быстрым (в среднем примерно за 4 года) увеличением числа солнечных пятен, а также другими проявлениями солнечной магнитной активности, и последующим, более медленным (около 7 лет), его уменьшением. Для распределения урожайных поколений рыб в рамках 11-летних циклов выделяли 4 стадии цикличности: в зависимости от длительности циклов примерно по 2–3 года приходилось на их максимумы и минимумы, также ориентировочно по 3 года приходилось на их спады и подъёмы. Исходя из этого, поколения рыб повышенной численности соотносили со стадиями конкретных циклов в пределах периода исследований.

Все материалы по факторам среды синхронизированы с периодом, когда имелась достоверная информация по урожайности поколений морских рыб.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Воздействие среды на численность рыб не всегда отчётливо выражено и зачастую неоднозначно в силу большого количества промежуточных факторов [Колесник, 2002 а, б; Кулик, 2009], влияющих одновременно и на среду обитания и на биоту. В то же время влияние есть и во многом достоверно проявляется не только на глобальных совокупностях, но и на мелких, региональных группировках [Колесник, 2002 б]. Очевидно при этом, что наиболее уязвимы (высокая естественная смертность) рыбы на ранних стадиях развития (личинки, сеголетки и годовики). В пределах первого года жизни молодь переходит на другой тип питания, у неё происходят смена биотопов и расширение ареалов с соответствующей адаптацией к новым условиям среды, включая давление хищников. Именно в годовалом возрасте закладывается будущая численность рыб, важность учёта особей этой возрастной категории отражена рядом исследователей [Де-

¹ SpaceWeatherLive. Доступно через: <https://www.spaceweatherlive.com/ru/solnechnaya-aktivnost/solnechnyy-cikl/istoriya-solnechnykh-ciklov.html>. 16.12.2022 г.

ментьева, 1961; Науменко, 2001; Максименков, 2002; Балыкин, 2006; Mueter et al., 2006; Шунтов, Темных, 2008; 2011]. Урожайные поколения, обнаруженные на стадии сеголеток и годовиков, в дальнейшем даже при неблагоприятных условиях среды обитания, как правило, преобладают в уловах и, достигнув половой зрелости, формируют основу для успешного и долголетнего промысла.

В этой связи для морских рыб, по которым имелись долговременные материалы по биомассе (общей, промысловой или нерестовой), были найдены встречающиеся в научной литературе упоминания о появлении урожайных поколений. В общей сложности привлечены данные 380 урожайных поколений 27 запасов рыб (табл. 1, рис. 1–7). Наибольшее число

поколений с повышенной численностью наблюдалось у камбал (108, из них 47 сверхурожайных), минтая (104 и 46 соответственно) и трески (72 и 27 соответственно). У различных группировок минтая и трески наиболее часто урожайные поколения приходились на 1978 и 1977 гг. соответственно, у рыб в целом – на 1984, 1978, 1977, 2004 и 1979 гг. (годы даны в порядке убывания числа поколений). Ранее также было показано [Датский и др., 2021], что наибольшее число генераций повышенной численности наблюдалось у восточноохотоморского минтая, восточнокамчатской трески, карагинских наваги и желтопёрой камбалы, охотской сельди. Наименее «плодовиты» минтай северо-восточного Сахалина, западносахалинская треска, западнокамчатская навага, южный однопё-

Таблица 1. Годы появления урожайных и сверхурожайных (сверхурожайные поколения выделены жирным шрифтом) поколений основных промысловых рыб в дальневосточных морях, тихоокеанских водах Камчатки и северных и южных Курильских островов в 1920–2010-е гг.

Table 1. The years of appearance of high-yielding and super-yielding (super-yielding generations are in bold) generations of the main commercial fish in the Far Eastern seas, the Pacific waters of Kamchatka and the northern and southern Kuril Islands in the 1920s-2010s.

Морские рыбы (вид, группировка)	Годы появлений урожайных поколений	Источник информации
Минтай восточноберингово-морской (США)	1960, 1962, 1963, 1972 , 1976, 1977, 1978 , 1979, 1980, 1982 , 1984, 1989 , 1990, 1991, 1992 , 1995, 1996 , 2000 , 2008 , 2012, 2013	Серобаба, 1974; Фадеев, 1990 ² ; Шунтов и др., 1993; Степаненко, 2001 а, б; Зверькова, 2003; Степаненко и др., 2007; Ianelli et al., 2013, 2018; Степаненко, Грицай, 2016; Берингово-морская..., 2017 ³
Минтай анадырско-наваринский	1978 , 1982 , 1984, 1989 , 1990, 1992 , 1996 , 1999, 2000 , 2001, 2002, 2006, 2008 , 2012	Серобаба, 1974; Борец и др., 2002; Фадеев, Грицай, 2003; Датский, 2004; Грицай, 2006; Грицай, Шейбах, 2009; Степаненко, Грицай, 2016; Берингово-морская..., 2017 ³
Минтай западноберингово-морской	1969 , 1973 , 1974 , 1977, 1978 , 1979 , 1980, 1983 , 1984 , 1985, 2001, 2002, 2006, 2013	Балыкин, 1990, 2006; Балыкин, Карпенко, 2006; Буслов, 2008; Антонов, 2011; данные КамчатНИРО
Минтай восточнокамчатский	1973 , 1974 , 1978 , 1979 , 1980 , 1984 , 1986 , 1987 , 2000 , 2001 , 2003 , 2011, 2015	Буслов, 2008; Антонов, 2011; данные КамчатНИРО
Минтай восточноохотоморский	1963, 1967 , 1968 , 1969, 1971, 1975, 1976, 1977 , 1978 , 1979, 1980, 1986, 1987, 1988 , 1989 , 1995, 1997, 2004 , 2005, 2009, 2011, 2013	Качина, 1981; Фадеев, 1990 ² ; Шунтов и др., 1993; Овсянников, 2009, 2011; Овсянников и др., 2013; данные ТИНРО, КамчатНИРО
Минтай Северо-Восточного Сахалина	1975 , 1978 , 1982, 2000, 2003, 2009, 2012	Охотоморский..., 2017 ⁴
Минтай Японского моря (Приморье)	1975 , 1976, 1979, 1980, 1981 , 1982, 1984, 1987, 1989, 1996, 1997 , 2006 , 2014	Вдовин и др., 2017
Треска анадырско-наваринская	1962, 1966 , 1967, 1974 , 1975 , 1976, 1977, 1978, 1988, 1991 , 1994 , 2005, 2006, 2011 , 2013 , 2014	Вершинин, 1987; Балыкин, 2006; Антонов, 2013; Кровнин и др., 2017; данные ТИНРО

² Фадеев Н.С. 1990. Распределение и миграции минтая в Беринговом море. Владивосток: ТИНРО. Деп. во ВНИЭРХ. № 1099-рх 90. 69 с.

³ Берингово-морская минтаевая путина – 2017 (путинный прогноз). 2017. Владивосток: ТИНРО-Центр. 71 с.

⁴ Охотоморский минтай – 2018 (путинный прогноз). 2017. Владивосток: ТИНРО-Центр, 76 с.

Морские рыбы (вид, группировка)	Годы появлений урожайных поколений	Источник информации
Треска карагинская	1977 , 1978, 1979, 1986 , 1987, 1988 , 1989 , 1995, 1997 , 1999 , 2000 , 2008, 2014	Антонов, 2013; данные КамчатНИРО
Треска восточнокамчатская	1977 , 1978 , 1979 , 1980 , 1982 , 1983, 1984, 1986, 1990, 1991, 1993, 1997, 1998, 2007, 2008, 2011, 2013	Антонов, 2013; данные КамчатНИРО
Треска западнокамчатская	1968, 1977, 1979, 1981, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988 , 1992 , 2006, 2007, 2011 , 2016	Антонов, 2011, 2013; данные КамчатНИРО
Треска южнокурильская	1977 , 1984 , 1992, 2000, 2004, 2007, 2010	Ким Сен Ток, 1996, 2013; данные СахНИРО
Треска западносахалинская	1983 , 1984 , 1993, 2007, 2013	Ким Сен Ток, 1996, 2013; данные СахНИРО
Навага карагинская	1969 , 1971, 1974, 1977 , 1980 , 1984, 1998, 2004, 2008 , 2011 , 2013	Толстяк, 1990; Балькин, 2006; Новикова, 2007; Антонов, 2011; данные КамчатНИРО
Навага западнокамчатская	1988 , 1991 , 2004, 2009 , 2010 , 2014	Толстяк, 1990; Новикова, 2007; Антонов, 2011; данные КамчатНИРО
Навага залива Терпения (Восточный Сахалин)	1975 , 1978, 1985, 1994 , 1999, 2000, 2008	Сафронов, 1986; Новикова, 2013
Терпуг северный одноперый Восточной Камчатки, Северных Курил	1974, 1984, 1987, 1992 , 1995 , 1996 , 1998 , 2002 , 2006, 2010, 2014	Золотов и др., 2015; данные КамчатНИРО
Терпуг южный одноперый Южных Курил	1974, 1986, 1995 , 1998, 2001 , 2008, 2010 , 2016	Золотов, Фатыхов, 2016
Камбала двухлинейная восточнокамчатская	1950 , 1951, 1952, 1953, 1972, 1973, 1976 , 1977 , 1978 , 1981 , 1982 , 1983 , 1988 , 1989, 1990, 1996, 2004, 2007, 2008, 2009	Антонов, 2011; данные КамчатНИРО
Камбала желтоперая карагинская	1952 , 1953 , 1954 , 1960, 1961, 1962, 1967, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1984 , 1986 , 1987 , 1988, 1992, 1993, 1997 , 1998 , 2004, 2009, 2010, 2013	Антонов, 2011; данные КамчатНИРО
Камбала желтоперая западнокамчатская	1946 , 1947 , 1948 , 1949 , 1969, 1975 , 1976 , 1977 , 1978 , 1982, 1984, 1986, 1990, 1993, 1994, 1995, 1998, 1999 , 2004, 2007, 2010, 2012	Антонов, 2011; Дьяков, 2011; данные КамчатНИРО
Камбала желтоперая залива Терпения (Восточный Сахалин)	1946, 1947, 1950 , 1951 , 1952 , 1953 , 1954 , 1955 , 1956 , 1957 , 1958, 1959, 1960 , 1961, 1986, 1987, 1988 , 1989 , 1990 , 1991 , 2002, 2003, 2004	Тарасюк, 1997; Золотов и др., 2014; данные СахНИРО
Камбала желтоперая западносахалинская	1945 , 1946 , 1947 , 1954, 1956, 1957 , 1958 , 1959, 1960, 1961 , 1979, 1981, 1982 , 1983 , 1984 , 1989, 1990, 2010	Тарасюк, 1997; Золотов и др., 2014; данные СахНИРО
Сельдь восточноберинговоморская (РФ, США)	1952 , 1957 , 1962 , 1967 , 1974 , 1991, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007	Науменко, 2001; Лобода, Жигалин, 2017
Сельдь корфо-карагинская	1923, 1944, 1951 , 1952 , 1956 , 1971, 1993 , 2006, 2009, 2010	Науменко, 2001, 2010; Антонов, 2011; данные КамчатНИРО
Сельдь гижигинско-камчатская	1924 , 1932 , 1943, 1951 , 1956 , 1959, 1961, 1971, 1993, 1994, 2004, 2005	Науменко, 2001; Смирнов, 2014
Сельдь охотская	1925, 1931, 1933, 1952 , 1957 , 1958 , 1962 , 1967 , 1968, 1974 , 1988 , 1989 , 1997, 2004, 2006, 2007, 2009, 2014, 2015	Науменко, 2001; Лобода, Мельников, 2005; Лобода, 2007; Фархутдинов, 2005; данные МагаданНИРО

СОПРЯЖЁННОСТЬ ПОЯВЛЕНИЯ УРОЖАЙНЫХ ПОКОЛЕНИЙ МАССОВЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ И ПРИЛЕГАЮЩИХ РАЙОНОВ ОТКРЫТОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА С АБИОТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ СРЕДЫ

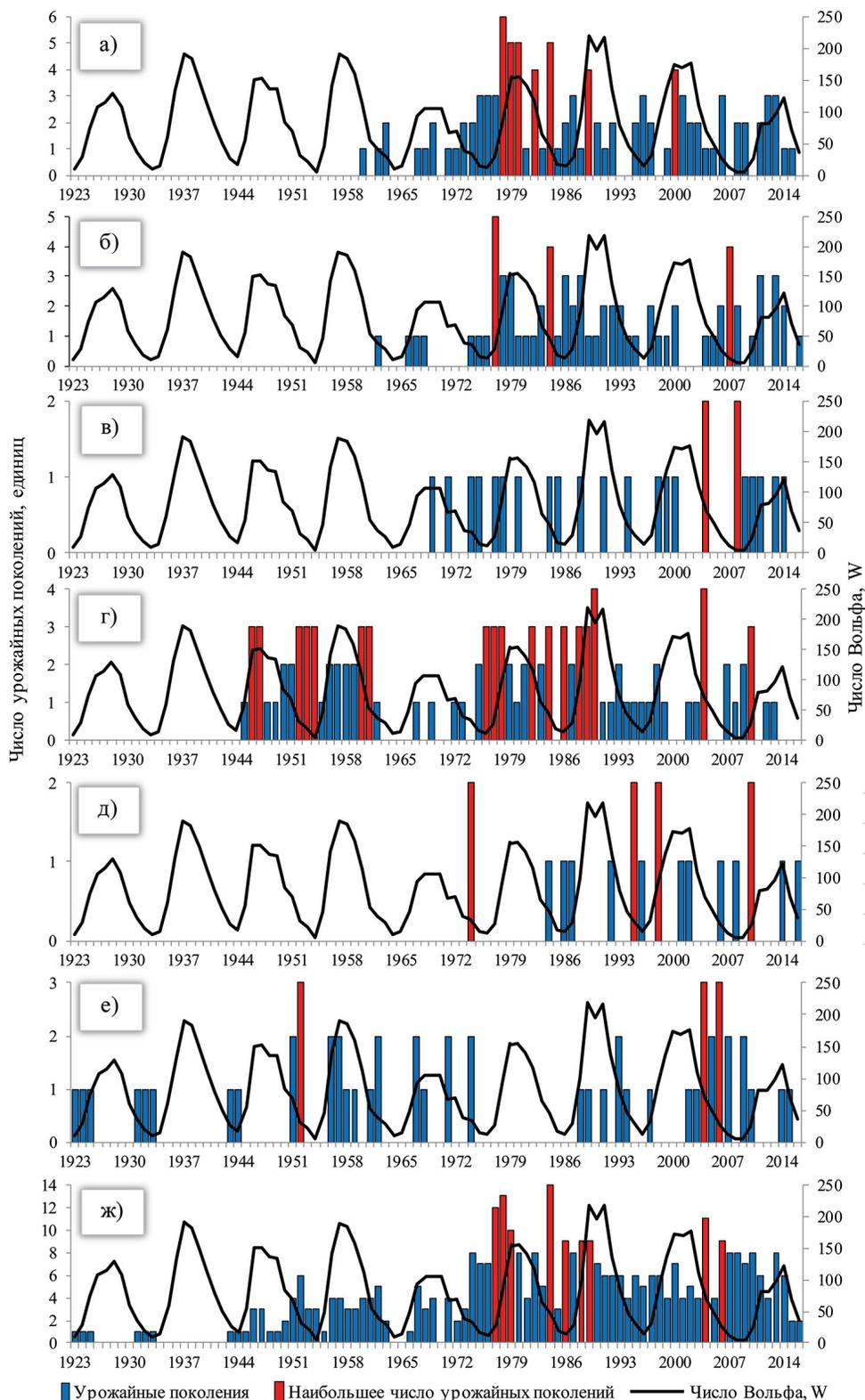


Рис. 1. Число урожайных поколений морских рыб в дальневосточных морях и прилегающих акваториях северо-западной части Тихого океана на фоне солнечной активности (число Вольфа, W) в 1920–2010-х гг.: а – минтай; б – треска; в – навага; г – камбалы; д – терпуги; е – сельдь; ж – все рыбы

Fig. 1. The number of productive generations of marine fish in the Far Eastern seas and adjacent waters of the northwestern Pacific ocean against the background of solar activity (Wolf numbers, W) in the 1920s–2010s. a – walleye pollock; б – Pacific cod; в – saffron cod; г – flounders; д – greenlings; е – Pacific herring; ж – all fish

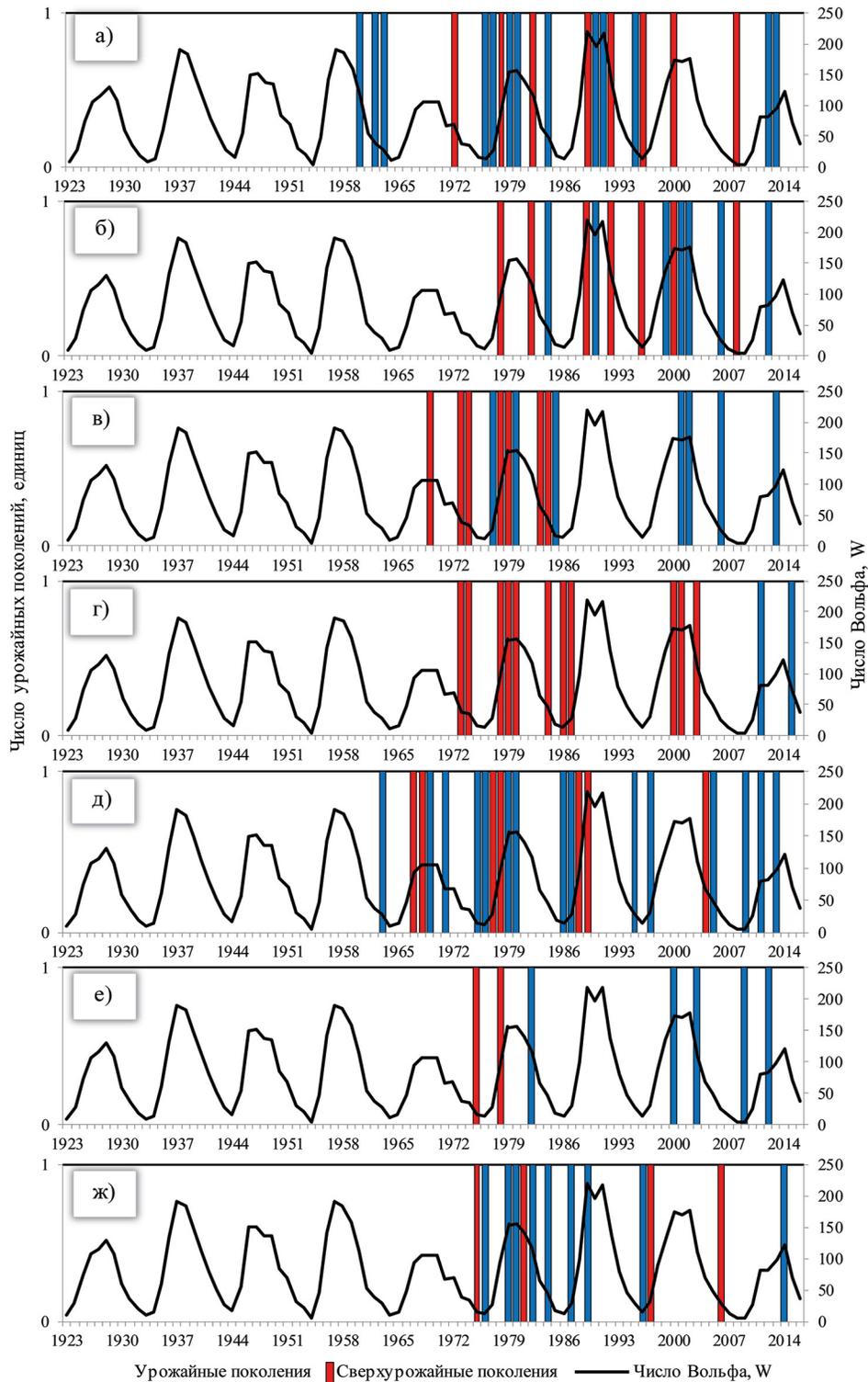


Рис. 2. Динамика солнечной активности (числа Вольфа, W) и встречаемость урожайных поколений минтая разных группировок: а – восточноберинговоморская; б – анадырско-наваринская, в – западноберинговоморская; г – восточнокамчатская; д – восточноохотоморская; е – минтай Северо-Восточного Сахалина; ж – минтай Японского моря (Приморье)

Fig. 2. Dynamics of solar activity (Wolf numbers, W) and occurrence of high-yield generations of walleye pollock of different groups: а – East Bering Sea; б – Anadyr-Navarin; в – West Bering Sea; г – East Kamchatka; д – East Sea of Okhotsk; е – northeastern Sakhalin; ж – Sea of Japan (Primorye)

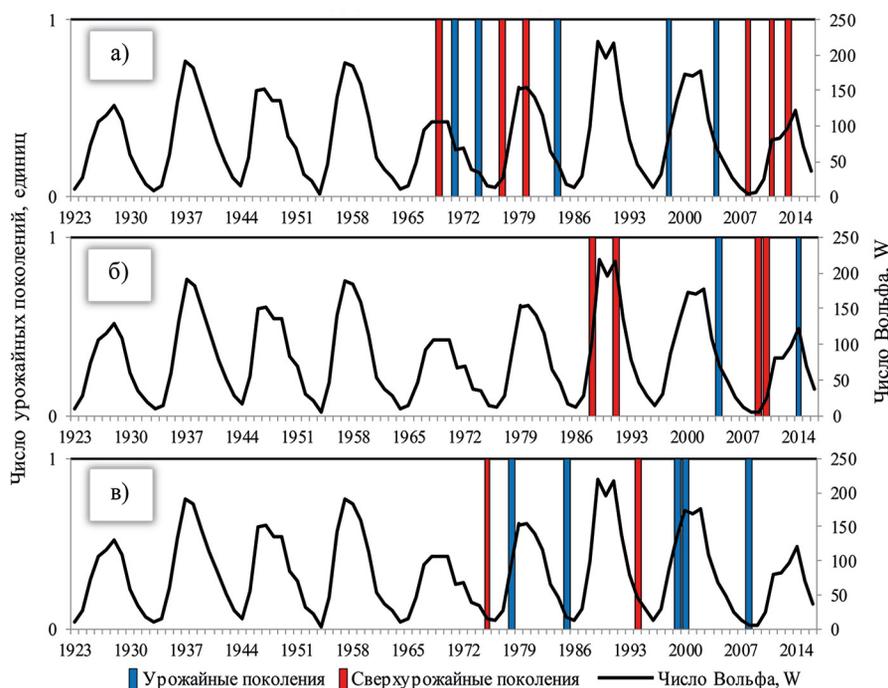


Рис. 4. Динамика солнечной активности (числа Вольфа, W) и встречаемость урожайных поколений наваги разных группировок: а – карагинская; б – западнокамчатская; в – навага залива Терпения (Юго-Восточный Сахалин)

Fig. 4. Dynamics of solar activity (Wolf numbers, W) and occurrence of high-yield generations of saffron cod of different groups: а – Karaginsky; б – western Kamchatka; в – Terpeniya Bay (south-eastern Sakhalin)

рый терпуг, желтопёрая западносахалинская камбала, корфо-карагинская сельдь.

Максимальное число высокочисленных поколений рыб, следующих одно за другим ежегодно без перерывов, наблюдалось у желтопёрой камбалы залива Терпения (до 12 поколений), восточноохотоморского минтая, западносахалинской и карагинской желтопёрых камбал (до 6), анадырско-наваринской и запад-

нокамчатской трески (до 5). Наиболее часто (через год и более) такие поколения появлялись у анадырско-наваринского минтая, восточнокамчатской трески, карагинских наваги, желтопёрой камбалы, северного однопёрого терпуга, охотской сельди.

Распределение урожайных поколений рыб в течение рассматриваемого периода (1921–2020 гг.) с разбивкой по десятилетиям показало, что наибольшее

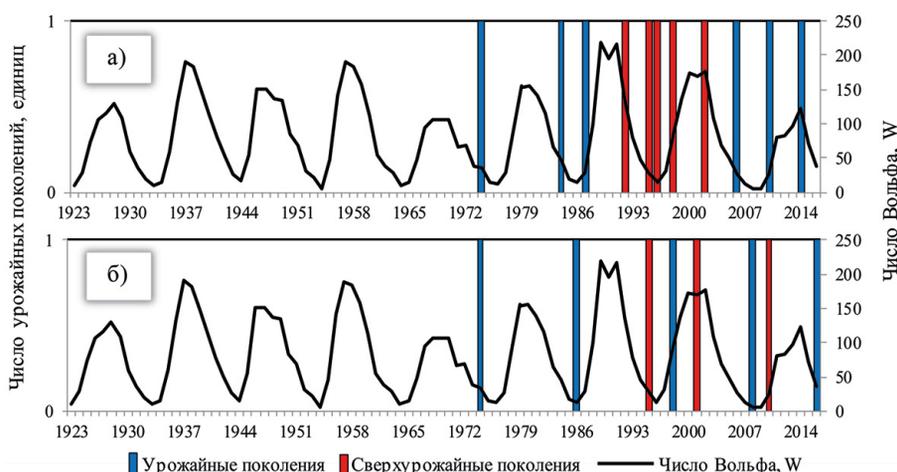


Рис. 5. Динамика солнечной активности (числа Вольфа, W) и встречаемость урожайных поколений северного однопёрого (а) и южного однопёрого (б) терпугов

Fig. 5. Dynamics of solar activity (Wolf numbers, W) and the occurrence of productive generations of Atka mackerel (а) and Okhotsk atka mackerel (б)

их число пришлось на 1980-е гг.: 76 генераций или 20% всех поколений (табл. 2). Относительно частым было их появление в 1970-е гг. и начале 2000-х гг. Малое присутствие урожайных поколений до 1970-х гг. обусловлено слабой информационной базой по данному вопросу в отношении минтая, трески, наваги и терпугов. Несколько лучше ситуация по сельди и камбалам. У минтая и трески наибольшее число поколений появилось в 1970-е и 1980-е гг., наваги – в 1970-е и 2001–2010-е гг., камбал – в 1950-е и 1980-е гг., терпугов – в 1991–2010 гг., сельди – в 1950-е и 2001–2010-е гг. Значительное снижение числа поколений повышенной численности у всех проанализированных рыб, особенно у камбал и сель-

ди, отмечено в 2011–2020 гг. Предпосылки к появлению урожайных поколений 2017 и 2020–2021 гг. соответственно у анадырско-наваринского и западноберингоморского минтая, даже при их подтверждении последующими исследованиями, не изменят общий вывод о скудности появления у рыб генераций высокой численности в 2010-е гг.

Наибольшее число таких поколений среди всех рыб было зафиксировано на спаде циклов, наименьшее – на их минимумах (табл. 3, рис. 1–7). В целом же, у минтая урожайные генерации преобладали на максимуме активности Солнца; у трески, терпугов, камбал и сельди – на спаде, у наваги – на подъёме. Наименьшее число урожайных поколений у минтая, трески, на-

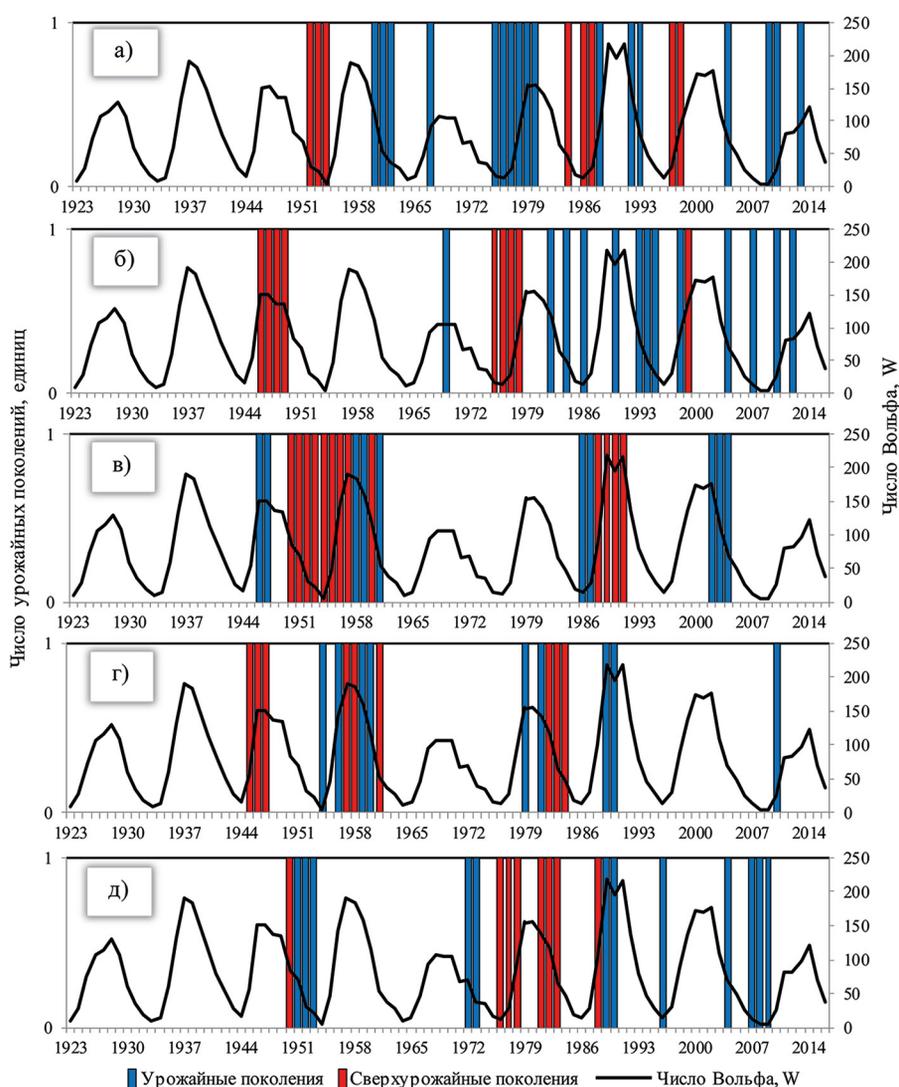


Рис. 6. Динамика солнечной активности (числа Вольфа, W) и встречаемость урожайных поколений группировок желтопёрой (а-г) и двухлинейной (д) камбал: а – желтопёрая карагинская; б – желтопёрая западнокамчатская; в – желтопёрая залива Терпения (юго-восточный Сахалин); г – желтопёрая западносахалинская; д – северная двухлинейная восточнокамчатская

Fig. 6. Dynamics of solar activity (Wolf numbers, W) and occurrence of high-yield generations of groups of yellowfin sole (a-g) and northern rock sole (д): а – yellowfin sole of Karaginsky; б – yellowfin sole of Western Kamchatka; в – yellowfin sole of Terpeniya Bay (southeastern Sakhalin); г – yellowfin sole of West Sakhalin; д – northern rock sole of East Kamchatka

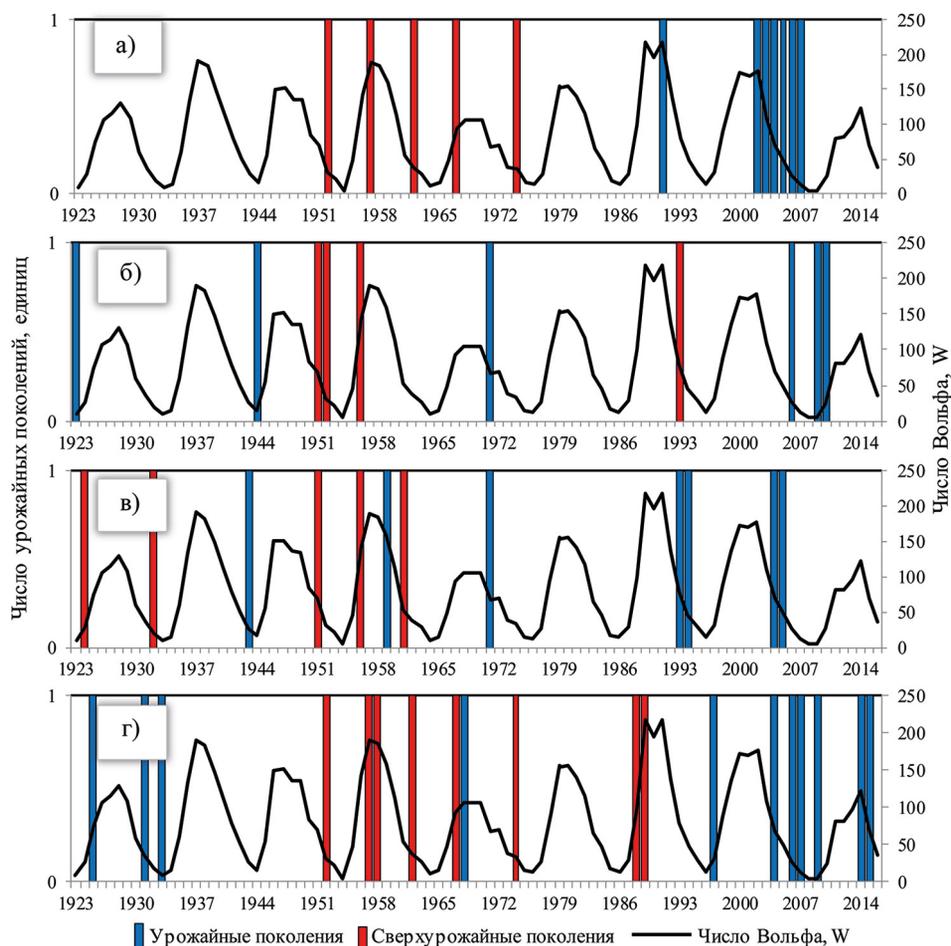


Рис. 7. Динамика солнечной активности (числа Вольфа, W) и встречаемость урожайных поколений популяций тихоокеанской сельди: а – восточноберинговоморская; б – корфо-карагинская; в – гижигинско-камчатская; г – охотская

Fig. 7. Dynamics of solar activity (Wolf numbers, W) and occurrence of productive generations of Pacific herring populations: а – East Bering Sea; б – Korf-Karaginsky; в – Gizhiginsky-Kamchatka; г – Okhotsk

ваги, камбал и сельди отмечено на минимуме циклов солнечной активности; у терпугов – на максимуме. Среди отдельных группировок минтая доминировали поколения, появившиеся в период максимумов солнечных циклов, у группировок трески, камбал и сельди – в период их снижения.

Энергия солнечных возмущений на сложном пути от Солнца к Земле проходит через межпланетную среду и несколько земных оболочек – магнитосферу, ионосферу и атмосферу. Этим объясняется одна из главных особенностей системы солнечно-земных связей – их опосредованность, которая, в свою очередь, обуславливает нелинейный характер солнечно-магнитосферных, солнечно-атмосферных и солнечно-биосферных связей [Мирошниченко, 2011]. В упрощённом виде схемы воздействия Солнца на Землю в целом и биосферу в частности приведены в работах ряда исследователей [Авдюшин, Данилов, 1993; Ермолаев, Ермолаев, 2009; Язев и др., 2009; Мирошни-

ченко, 2011]. Авторы выделяют два основных канала воздействия – через изменения коротковолнового излучения Солнца с последующими возмущениями ионосферы и озоносферы, и – через изменения свойств солнечного ветра, вызывающих возмущения магнитосферы Земли (геомагнитная активность), которая, в свою очередь, влияет на земные геофизические и прочие явления (ротационный режим Земли, сейсмические, вулканические, метеорологические и т. д.).

Сложность в понимании влияния гелиогеофизических процессов на земные явления и отсутствие глубоких комплексных и систематических исследований в данном направлении обусловили тот факт, что в настоящее время механизмы влияния солнечной активности на земные процессы не имеют чёткого физического обоснования. Тем не менее, выявленная сопряжённость солнечного излучения с появлением урожайных поколений морских рыб может представлять научный интерес в будущих исследованиях.

В отличие от солнечной активности, механизмы возможного влияния температуры водных горизонтов, где преимущественно обитают морские рыбы, и зависящей от неё ледовитости морских акваторий вполне понятны и логичны [Шунтов и др., 1993; Науменко, 2001; Hunt et al., 2002; 2011; Mueter et al., 2006;

2013; Eisner et al., 2015; 2020; Andrews et al., 2016; Шунтов, 2016; Helser et al., 2017; Stevenson, Lauth, 2019; Baker et al., 2020; Nishio et al., 2020; Siddon et al., 2020; и др.]. Используемые для сравнения индикаторы должны быть максимально приближены к районам обитания рыб с обязательным учётом действия

Таблица 2. Распределение урожайных поколений (жирным шрифтом выделены наибольшие значения) основных промысловых рыб по десятилетиям в дальневосточных морях, тихоокеанских водах Камчатки и северных и южных Курильских островов в 1920–2010-е гг.

Table 2. Distribution of productive generations (the highest values are highlighted in bold) of the main commercial fish over decades in the Far Eastern seas, the Pacific waters of Kamchatka and the northern and southern Kuril Islands in the 1920s-2010s

Вид, группировка	1921–1930	1931–1940	1941–1950	1951–1960	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2010	2011–2020	1921–2020	%
Минтай восточноохотоморский					4	7	4	2	3	2	22	21,2
Минтай восточноберингоморский (США)				1	2	6	4	5	1	2	21	20,2
Минтай анадырско-наваринский						1	4	4	4	1	14	13,5
Минтай западноберингоморский					1	6	3	0	3	1	14	13,5
Минтай восточнокамчатский						5	3	1	2	2	13	12,5
Минтай Японского моря (Приморье)						4	5	2	1	1	13	12,5
Минтай Северо-Восточного Сахалина						2	1	1	2	1	7	6,7
Минтай в целом, число урожайных поколений, ед.				1	7	31	24	15	16	10	104	100,0
Минтай в целом, число урожайных поколений, %				1,0	6,7	29,8	23,1	14,4	15,4	9,6	100,0	
Треска восточнокамчатская						4	5	4	2	2	17	23,6
Треска анадырско-наваринская					3	5	1	2	2	3	16	22,2
Треска западнокамчатская					1	2	6	1	2	2	14	19,4
Треска карагинская						3	4	4	1	1	13	18,1
Треска южнокурильская						1	1	2	3	0	7	9,7
Треска западносахалинская							2	1	1	1	5	6,9
Треска в целом, число урожайных поколений, ед.					4	15	19	14	11	9	72	100,0
Треска в целом, число урожайных поколений, %					5,6	20,8	26,4	19,4	15,3	12,5	100,0	
Навага карагинская					1	4	1	1	2	2	11	45,8
Навага западнокамчатская							1	1	3	1	6	25,0
Навага залива Терпения (Восточный Сахалин)						2	1	3	1	0	7	29,2
Навага в целом, число урожайных поколений, ед.					1	6	3	5	6	3	24	100,0
Навага в целом, число урожайных поколений, %					4,2	25,0	12,5	20,8	25,0	12,5	100,0	
Терпуг северный одноперый Вост. Камчатки и сев. Курил						1	2	4	3	1	11	57,9
Терпуг южный одноперый южных Курил						1	1	2	3	1	8	42,1

Вид, группировка	1921– 1930	1931– 1940	1941– 1950	1951– 1960	1961– 1970	1971– 1980	1981– 1990	1991– 2000	2001– 2010	2011– 2020	1921– 2020	%
Терпуги в целом, число урожайных поколений, ед.						2	3	6	6	2	19	100,0
Терпуги в целом, число урожайных поколений, %						10,5	15,8	31,6	31,6	10,5	100,0	
Камбала желтоперая карагинская				4	3	6	4	4	3	1	25	23,1
Камбала желтоперая залива Терпения (Восточный Сахалин)			3	10	1	0	5	1	3	0	23	21,3
Камбала желтоперая западнокамчатская			4	0	1	4	4	5	3	1	22	20,4
Камбала двухлинейная восточнокамчатская			1	3	0	5	6	1	4	0	20	18,5
Камбала желтоперая западносахалинская			3	6	1	1	6	0	1	0	18	16,7
Камбалы в целом, число урожайных поколений, ед.			11	23	6	16	25	11	14	2	108	100,0
Камбалы в целом, число урожайных поколений, %			10,2	21,3	5,6	14,8	23,1	10,2	13,0	1,9	100,0	
Сельдь охотская	1	2	0	3	3	1	2	1	4	2	19	35,8
Сельдь восточноберинговоморская (РФ, США)				2	2	1	0	1	6	0	12	22,6
Сельдь гижигинско-камчатская	1	1	1	3	1	1	0	2	2	0	12	22,6
Сельдь корфо-карагинская	1	0	1	3	0	1	0	1	3	0	10	18,9
Сельдь в целом, число урожайных поколений, ед.	3	3	2	11	6	4	2	5	15	2	53	100,0
Сельдь в целом, число урожайных поколений, %	5,7	5,7	3,8	20,8	11,3	7,5	3,8	9,4	28,3	3,8	100,0	
Морские рыбы в целом, число урожайных поколений, ед.	3	3	13	35	24	74	76	56	68	28	380	100,0
Морские рыбы в целом, число урожайных поколений, %	0,8	0,8	3,4	9,2	6,3	19,5	20,0	14,7	17,9	7,4	100,0	

факторов среды на наиболее уязвимые онтогенетические группы (от икры до годовалых особей).

В качестве примера важности сбора подобной информации можно привести классификацию суровости зим на основе многолетних материалов по ледовым условиям дальневосточных морей, где в зависимости от района сбора данных зимний период в пределах одного года варьировал как мягкий, умеренный и суровый [Думанская, 2017]. Вполне предсказуемо, что во всех трёх вариантах подходы к прогнозированию уловов рыб будут иметь значимые отличия.

В этой связи, по всему району исследований была использована типизация лет по термическому и ледовому режиму [Лучин, 2008; Шатилина, Кравченко, 2013; Пищальник и др., 2016; Думанская, 2017], с указанием видов рыб и их группировок, на молодь кото-

рых эти факторы среды с большей долей вероятности могут оказывать влияние (табл. 4). В общей сложности представлены данные по Берингову, Охотскому, Японскому морям и тихоокеанским водам у южных Курильских островов с разбивкой на холодные, умеренные и тёплые типы лет. При этом материалы по площади льдов охватывали 93 года наблюдений, по температуре вод – 60 лет.

В первую очередь, обращает на себя внимание общее увеличение количества тёплых лет с начала 1980-х гг. с наибольшей частотой их появления в 1991–2010-е гг. (табл. 5, рис. 8). Такая тенденция выражена в пределах всех рассмотренных акваторий и в большей степени в отношении их ледовитости. В Беринговом море её наименьшие показатели отмечены в 1920-е, 1960-е и 2001–2020 гг. В Охотском

Таблица 3. Распределение урожайных поколений основных промысловых рыб на фоне солнечной активности в дальневосточных морях, тихоокеанских водах Камчатки и северных и южных Курильских островов в 1920–2010-е гг.

Table 3. Distribution of productive generations of the main commercial fish against the background of solar activity in the Far Eastern seas, the Pacific waters of Kamchatka and the northern and southern Kuril Islands in the 1920s-2010s

Вид, группировка	Стадии распределения поколений, ед. ¹					Стадии распределения поколений, %				
	1	2	3	4	Итого:	1	2	3	4	Итого:
<i>Морские рыбы, в том числе:</i>	92	140	61	87	380	24,2	36,8	16,1	22,9	100,0
<i>минтай, в том числе:</i>	35	32	18	19	104	33,7	30,8	17,3	18,3	100,0
минтай восточноохотоморский	6	5	4	7	22	27,3	22,7	18,2	31,8	100,0
минтай восточноберингоморский (США)	8	7	4	2	21	38,1	33,3	19,0	9,5	100,0
минтай анадырско-наваринский	6	4	2	2	14	42,9	28,6	14,3	14,3	100,0
минтай западноберингоморский	6	5	1	2	14	42,9	35,7	7,1	14,3	100,0
минтай восточнокамчатский	4	5	2	2	13	30,8	38,5	15,4	15,4	100,0
минтай Японского моря (Приморье)	4	4	3	2	13	30,8	30,8	23,1	15,4	100,0
минтай Северо-Восточного Сахалина	1	2	2	2	7	14,3	28,6	28,6	28,6	100,0
<i>треска, в том числе:</i>	16	25	8	23	72	22,2	34,7	11,1	31,9	100,0
треска восточнокамчатская	5	5	2	5	17	29,4	29,4	11,8	29,4	100,0
треска анадырско-наваринская	3	5	2	6	16	18,8	31,3	12,5	37,5	100,0
треска западнокамчатская	2	6	2	4	14	14,3	42,9	14,3	28,6	100,0
треска карагинская	4	1	2	6	13	30,8	7,7	15,4	46,2	100,0
треска южнокурильская	1	4	0	2	7	14,3	57,1	0	28,6	100,0
треска западносахалинская	1	4	0	0	5	20,0	80,0	0	0	100,0
<i>навага, в том числе:</i>	6	6	5	7	24	25,0	25,0	20,8	29,2	100,0
навага карагинская	3	4	1	3	11	27,3	36,4	9,1	27,3	100,0
навага залива Терпения (Восточный Сахалин)	1	1	3	2	7	14,3	14,3	42,9	28,6	100,0
навага западнокамчатская	2	1	1	2	6	33,3	16,7	16,7	33,3	100,0
<i>терпуги, в том числе:</i>	3	6	5	5	19	15,8	31,6	26,3	26,3	100,0
терпуг северный одноперый Восточной Камчатки и северных Курил	2	4	2	3	11	18,2	36,4	18,2	27,3	100,0
терпуг южный одноперый южных Курил	1	2	3	2	8	12,5	25,0	37,5	25,0	100,0
<i>камбалы, в том числе:</i>	24	43	17	24	108	22,2	39,8	15,7	22,2	100,0
камбала желтоперая карагинская	3	9	5	8	25	12,0	36,0	20,0	32,0	100,0
камбала желтоперая залива Терпения (Восточный Сахалин)	8	9	2	4	23	34,8	39,1	8,7	17,4	100,0
камбала желтоперая западнокамчатская	4	8	4	6	22	18,2	36,4	18,2	27,3	100,0
камбала желтоперая западносахалинская	7	7	1	3	18	38,9	38,9	5,6	16,7	100,0
камбала двухлинейная восточнокамчатская	2	10	5	3	20	10,0	50,0	25,0	15,0	100,0
<i>сельдь, в том числе:</i>	8	28	8	9	53	15,1	52,8	15,1	17,0	100,0
сельдь охотская	5	7	3	4	19	26,3	36,8	15,8	21,1	100,0
сельдь восточноберингоморская (РФ, США)	3	8	0	1	12	25,0	66,7	0	8,3	100,0
сельдь гижигинско-камчатская	0	8	2	2	12	0	66,7	16,7	16,7	100,0
сельдь корфо-карагинская	0	5	3	2	10	0	50,0	30,0	20,0	100,0

Примечание: ¹ Стадии распределения урожайных поколений основных морских рыб на фоне солнечной активности: 1 – урожайные поколения приходятся на максимумы 11-летних циклов солнечной активности; 2 – урожайные поколения приходятся на снижения 11-летних циклов солнечной активности; 3 – урожайные поколения приходятся на минимумы 11-летних циклов солнечной активности; 4 – урожайные поколения приходятся на подъемы 11-летних циклов солнечной активности. Здесь и в таблицах далее виды (группировки) даны в порядке снижения числа урожайных поколений, жирным шрифтом выделены преобладающие варианты.

Таблица 4. Типизация лет по термическому и ледовому режимам дальневосточных морей и прилегающих акваторий северо-западной части Тихого океана и используемые для сравнительного анализа виды (группировки) морских рыб

Table 4. Typification of years according to the thermal and ice regimes of the Far Eastern seas and adjacent waters of the northwestern Pacific ocean and species (groups) of marine fish used for comparative analysis

Водоём	Тип года	Годы	Виды, группировки
<i>Термический режим (температура воды в пределах 30–100 м)</i>			
Берингово море ¹	Холодный	1955, 1956, 1964, 1965, 1971, 1972, 1975–1977, 1994, 1995, 1999, 2000	Минтай (восточноберингоморский, анадырско-наваринский, западноберингоморский, восточнокамчатский), треска (анадырско-наваринская, карагинская, восточнокамчатская), навага карагинская, камбала желтопёрая карагинская, камбала двухлинейная восточнокамчатская, сельдь (восточноберингоморская, корфо-карагинская), терпуг северный однопёрый
	Умеренный	1950, 1951, 1954, 1957, 1960–1962, 1966, 1968–1970, 1973, 1974, 1983–1986, 1988–1992, 1998, 2001	
	Тёплый	1952, 1953, 1958, 1959, 1963, 1967, 1978–1982, 1987, 1993, 1996, 1997	
Охотское море ¹	Холодный	1951, 1955, 1958, 1959, 1966, 1967, 1973, 1976, 1977, 1978, 1999, 2000, 2001	Минтай (восточноохотоморский, северо-восточного Сахалина), треска западнокамчатская, навага (западнокамчатская, залива Терпения), камбала желтопёрая (западнокамчатская, залива Терпения), сельдь (гижигинско-камчатская, охотская)
	Умеренный	1950, 1952, 1953, 1954, 1957, 1960, 1962, 1965, 1969, 1970, 1971, 1975, 1979, 1980, 1982, 1983, 1985, 1986, 1988, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1996, 1998	
	Тёплый	1956, 1961, 1963, 1964, 1968, 1974, 1981, 1984, 1987, 1991, 1994, 1997	
Японское море ¹	Холодный	1950, 1957, 1958, 1963, 1968, 1969, 1970, 1971, 1974, 1977, 1981, 1984, 1985, 1986, 1996	Минтай Японского моря, треска западносахалинская, камбала желтопёрая западносахалинская
	Умеренный	1951, 1952, 1959, 1961, 1962, 1964, 1965, 1966, 1967, 1972, 1973, 1975, 1976, 1980, 1982, 1983, 1987, 1988, 1991, 1994, 1997, 2001	
	Тёплый	1953, 1954, 1955, 1956, 1960, 1978, 1979, 1989, 1990, 1992, 1993, 1995, 1998, 1999, 2000	
Тихоокеанские воды южных Курильских островов ²	Холодный	1954, 1964, 1966, 1969, 1971, 1976, 1979, 1980, 1981, 1983, 1985, 1986, 1987, 1993, 1997	Треска южнокурильская, терпуг южный однопёрый
	Умеренный	1956, 1957, 1958, 1960, 1965, 1967, 1970, 1972, 1974, 1975, 1982, 1988, 1989, 1990, 1994, 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2003, 2009	
	Тёплый	1955, 1959, 1961, 1962, 1963, 1968, 1973, 1977, 1978, 1984, 1991, 1992, 1999, 2000, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008	
<i>Ледовый режим</i>			
Берингово море (Анадырь) ³	Холодный	1931, 1939, 1944, 1946, 1955, 1964, 1975, 1976, 1977, 2012	Минтай (восточноберингоморский, анадырско-наваринский, западноберингоморский), треска (анадырско-наваринская, карагинская), навага карагинская, камбала желтопёрая карагинская, сельдь (восточноберингоморская, корфо-карагинская)
	Умеренный	1924, 1927, 1929, 1930, 1932, 1933, 1934, 1936, 1937, 1940, 1941, 1942, 1943, 1945, 1947, 1948, 1949, 1951, 1952, 1953, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1965, 1966, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1980, 1981, 1983, 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1998, 1999, 2000, 2002, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010	
	Тёплый	1925, 1926, 1928, 1935, 1938, 1950, 1954, 1962, 1963, 1967, 1978, 1979, 1982, 1986, 1996, 1997, 2001, 2003, 2004, 2007, 2011, 2013, 2014, 2015	

Водоём	Тип года	Годы	Виды, группировки
Берингово море (о. Беринга) ³	Холодный	1931, 1932, 1933, 1942, 1949, 1953, 1975, 1977, 1988, 1999, 2001	Минтай восточнокамчатский, треска восточнокамчатская, камбала двухлинейная восточнокамчатская, терпуг северный однопёрый
	Умеренный	1923, 1924, 1927, 1928, 1929, 1930, 1935, 1936, 1937, 1939, 1940, 1941, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1950, 1951, 1952, 1954, 1955, 1957, 1958, 1960, 1961, 1964, 1966, 1967, 1969, 1970, 1971, 1973, 1976, 1978, 1979, 1980, 1981, 1983, 1984, 1985, 1987, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1998, 2000, 2002, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2012	
	Тёплый	1925, 1926, 1934, 1938, 1943, 1956, 1959, 1962, 1963, 1965, 1968, 1972, 1974, 1982, 1986, 1991, 1996, 1997, 2003, 2004, 2005, 2011, 2013, 2014, 2015	
Охотское море ⁴	Холодный	1923, 1924, 1925, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1939, 1941, 1942, 1947, 1949, 1950, 1951, 1959, 1960, 1961, 1967, 1973, 1978, 1979, 1980, 2001	Минтай (восточноохотоморский, северо-восточного Сахалина), треска западнокамчатская, навага (западнокамчатская, залива Терпения), камбала желтопёрая (западнокамчатская, залива Терпения), сельдь (гижигинско-камчатская, охотская)
	Умеренный	1926, 1935, 1940, 1944, 1945, 1946, 1953, 1954, 1955, 1958, 1962, 1964, 1965, 1966, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1975, 1977, 1981, 1982, 1983, 1985, 1986, 1988, 1999, 2000, 2002, 2003	
	Тёплый	1927, 1928, 1934, 1936, 1937, 1938, 1943, 1948, 1952, 1956, 1957, 1963, 1974, 1976, 1984, 1987, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015	
Охотское море (Южно-Курильск) ³	Холодный	1951, 1953, 1960, 1961, 1964, 1967, 1970, 1975, 1977, 1978, 1986, 2001, 2003	Треска южнокурильская, терпуг южный однопёрый
	Умеренный	1948, 1950, 1952, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1962, 1963, 1965, 1966, 1968, 1969, 1971, 1972, 1973, 1974, 1976, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1987, 1988, 1989, 1992, 1996, 1998, 1999, 2000, 2002, 2005, 2006, 2008, 2012, 2013	
	Тёплый	1949, 1990, 1991, 1993, 1994, 1995, 1997, 2004, 2007, 2009, 2010, 2011, 2014, 2015	
Японское море ³	Холодный	1924, 1929, 1931, 1937, 1942, 1944, 1945, 1946, 1951, 1953, 1954, 1970	Минтай Японского моря, треска западносахалинская, камбала желтопёрая западносахалинская
	Умеренный	1923, 1925, 1926, 1927, 1928, 1930, 1932, 1933, 1935, 1936, 1938, 1939, 1940, 1941, 1943, 1947, 1948, 1949, 1950, 1952, 1955, 1956, 1957, 1958, 1960, 1961, 1964, 1965, 1966, 1967, 1969, 1971, 1972, 1973, 1975, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1992, 1994, 1998, 1999, 2000, 2001, 2003, 2004, 2007, 2012, 2013	
	Тёплый	1934, 1959, 1962, 1963, 1968, 1974, 1976, 1989, 1990, 1991, 1993, 1995, 1996, 1997, 2002, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014, 2015	

Примечание: Источники информации по термическому и ледовому режимам морских акваторий: 1 – Лучин, 2008; 2 – Шатилина, Кравченко, 2013; 3 – Думанская, 2017; 4 – Пищальник и др., 2016.

Таблица 5. Распределение типов лет по термическому и ледовому режимам по десятилетиям в дальневосточном бассейне в 1920–2010-е гг.**Table 5.** Distribution of types of years by thermal and ice regimes by decades in the Far East basin in the 1920s-2010s

Водоем, тип года	1921–1930	1931–1940	1941–1950	1951–1960	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2010	2011–2020	1921–2020	%	
<i>Термический режим</i>													
Берингово море, холодные годы			0	2	2	5	0	4	0	13	25,0		
Берингово море, умеренные годы			1	4	6	2	7	3	1	24	46,2	100,0	
Берингово море, тёплые годы			0	4	2	3	3	3	0	15	28,8		
Охотское море, холодные годы			0	4	2	4	0	2	1	13	25,0		
Охотское море, умеренные годы			1	5	4	5	7	5	0	27	51,9	100,0	
Охотское море, тёплые годы			0	1	4	1	3	3	0	12	23,1		
Японское море, холодные годы			1	2	4	3	4	1	0	15	28,8		
Японское море, умеренные годы			0	3	6	5	4	3	1	22	42,3	100,0	
Японское море, тёплые годы			0	5	0	2	2	6	0	15	28,8		
Т/океанские воды южных Курил, холодные годы				1	3	4	5	2	0	15	26,8		
Т/океанские воды южных Курил, умеренные годы				4	3	3	4	4	4	22	39,3	100,0	
Т/океанские воды южных Курил, тёплые годы				2	4	3	1	4	5	19	33,9		
<i>Ледовый режим</i>													
Берингово море, холодные годы	0	2	2	1	1	3	0	0	0	1	10	10,8	
Берингово море, умеренные годы	5	6	7	8	6	5	8	8	6	0	59	63,4	
Берингово море, тёплые годы	3	2	1	1	3	2	2	2	4	4	24	25,8	
Охотское море, холодные годы	5	4	5	3	2	4	0	0	1	0	24	25,8	
Охотское море, умеренные годы	1	2	3	4	7	4	6	2	2	0	31	33,3	
Охотское море, тёплые годы	2	4	2	3	1	2	4	8	7	5	38	40,9	
Японское море, холодные годы	2	2	4	3	1	0	0	0	0	0	12	12,9	
Японское море, умеренные годы	6	7	6	6	6	8	8	5	4	2	58	62,4	
Японское море, тёплые годы	0	1	0	1	3	2	2	5	6	3	23	24,7	
Т/океанские воды южных Курил, холодные годы				2	4	3	2	0	2	0	13	19,1	
Т/океанские воды южных Курил, умеренные годы				2	7	6	7	8	5	4	41	60,3	
Т/океанские воды южных Курил, тёплые годы				1	0	0	0	1	5	4	3	14	20,6

море, наоборот, после наибольшей площади льдов в 1960-х гг. началось их снижение, достигнув минимума в 1991–2010 гг. Похожая ситуация наблюдалась в Японском море и у южных Курильских островов, с той лишь разницей, что в первом районе поступательное снижение ледовитости началось с 1950-х гг., во втором – с 1980-х гг. По температурным показателям возросло число тёплых лет в 1991–2010 гг. за-

фиксировано только в районе Курильских островов (при этом отметим, что после 2009 г. данных в нашем распоряжении нет).

Развитие исследуемых акваторий по холодному типу лет, напротив, имело ярко выраженный характер по всему Дальневосточному региону в 1970-е гг. (с постепенным снижением их количества и полным отсутствием к концу 2010-х гг.). В Беринговом море макси-

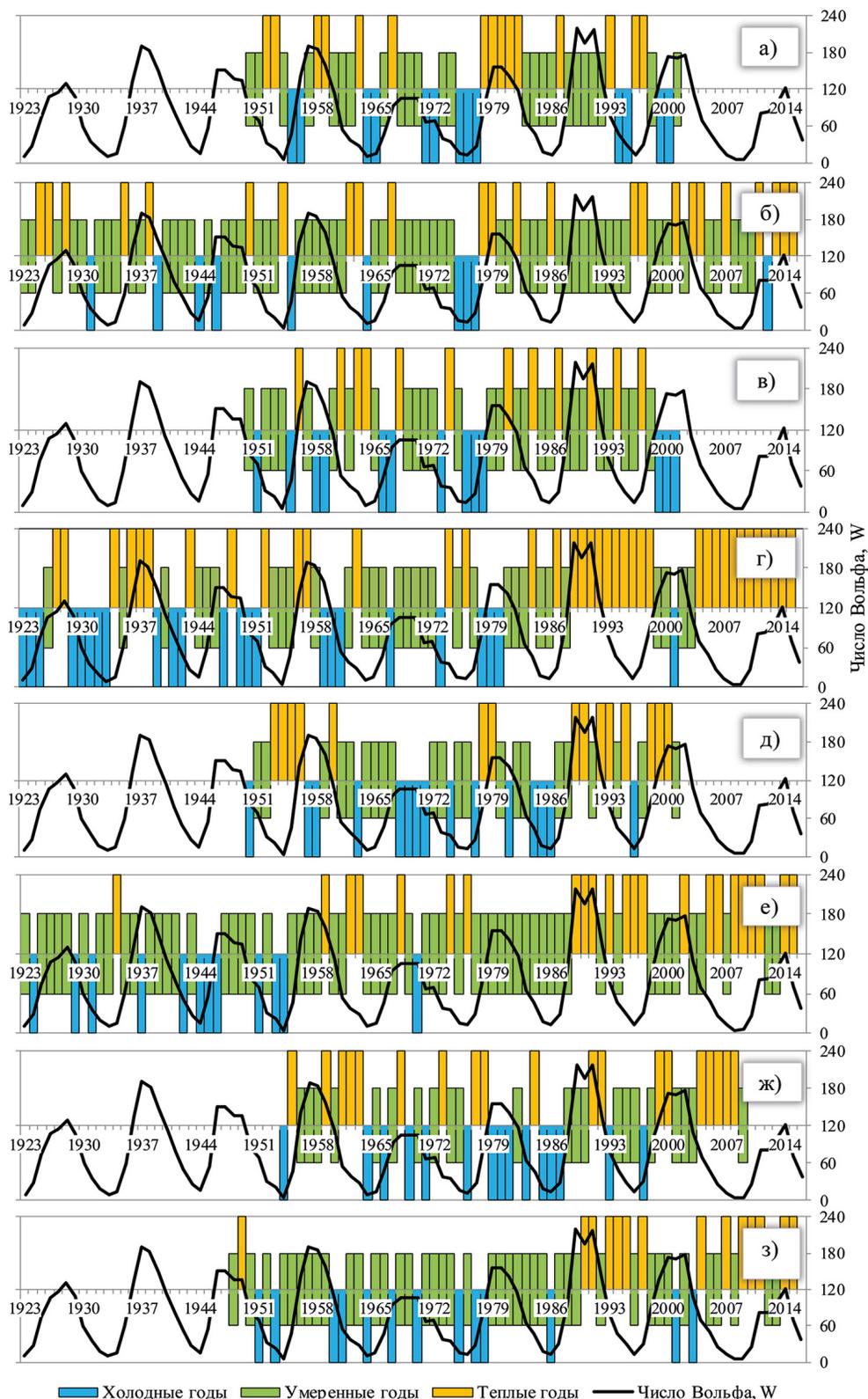


Рис. 8. Распределение типов лет по термическому (а, в, д, ж) и ледовому (б, г, е, з) режимам в Беринговом (а, б), Охотском (в, г), Японском (д, е) морях и водах у южных Курильских островов (ж, з) на фоне солнечной активности (числа Вольфа, W)
Fig. 8. Distribution of types of years by thermal (а, в, д, ж) and ice (б, г, е, з) regimes in the Bering (а, б), Okhotsk (в, г), Japanese (д, е) seas and waters off the southern Kuril Islands (ж, з) against the background of solar activity (Wolf numbers, W)

мумы таких лет отмечены в 1970-е и 1990-е гг., Охотском – в 1950-е и 1970-е гг., Японском – в 1960-е и 1980-е гг., у южных Курильских островов – в 1960–1990-е гг. Наибольшее число умеренных лет (и по температуре вод, и по ледовитости) зафиксировано с 1950-х гг. до конца 1990-х гг. Таким образом, с начала 1980-х гг. по конец 2010-х гг. по всему Дальнему Востоку наблюдалась общая тенденция к потеплению вод с сопутствующим сокращением площади ледового покрова. В последние 30 лет на общем фоне потепления среды обитания число урожайных поколений морских рыб существенно снизилось: с 74–76 поколений в 1970–1990-х гг. до 28 – в 2010-е гг. (табл. 2, 5, рис. 1, 8). Особенно выражено это для всех группировок минтая Берингова моря, его восточноохотоморской и приморской популяций, западнокамчатской, карагинской, восточнокамчатской и южнокурильской трески, наваги залива Терпения, восточно- и западносахалинской, карагинской желтопёрой камбалы и двухлинейной камбалы у берегов Восточной Камчатки.

Наибольшее число урожайных и сверхурожайных поколений морских рыб, как правило, появляется в умеренные годы, далее следуют тёплые типы лет, и в меньшей степени такие поколения зарождаются в холодные годы (табл. 6–7). Только у трески преобладали поколения, появившиеся в тёплые по температуре воды годы. Кроме того, у камбал, сверхурожайные поколения с максимальной частотой (после умеренных лет) встречались в холодные по ледовитости годы.

По отдельным пространственным группировкам выявлена сходная картина. С учётом появления большинства урожайных поколений рыб в умеренные годы, представляется важным анализ данных по числу таких поколений в тёплые и холодные годы. В Беринговом море у многих рыб они наблюдались в тёплые годы, за исключением незначительного преобладания урожайных поколений в холодные годы (в основном по температурному режиму) у карагинской наваги, анадырско-наваринской трески и корфо-карагинской сельди. В Охотском море к «холодолюбивым» относились западнокамчатская желтопёрая камбала и минтай Северо-Восточного Сахалина (по температуре), в Японском море – западносахалинская желтопёрая камбала, минтай Приморья (по температуре), в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов – восточнокамчатская двухлинейная камбала (по ледовитости) (табл. 6–7). В отдельных случаях сопряжённость факторов среды с появлением сверхурожайных поколений отличалась от общей картины: к примеру, у западносахалинской желтопёрой камбалы при равном соотношении урожайных поколений в тёплые

и холодные годы сверхурожайные поколения отмечались только в холодные годы.

Сводные данные по отдельным пространственным группировкам рассматриваемых видов показывают (табл. 8), что урожайные поколения чаще появлялись в тёплые (по термическому и/или ледовому режиму) годы, нежели в холодные. Только у наваги залива Терпения среди урожайных, а у терпугов среди сверхурожайных поколений исключительно по температуре воды соблюдалось некое равновесное состояние. У камбал урожайные поколения появлялись преимущественно в холодные по ледовым условиям годы. Также отмечено численное преобладание сверхурожайных поколений трески и камбал в годы с пониженной температурой воды.

Выявленная сопряжённость появления урожайных поколений рыб с термическим и ледовым режимом в дальневосточных морях и прилегающих акваториях северо-западной части Тихого океана, по-видимому, может иметь следующее объяснение. Ранее [Hunt et al., 2002], в рамках возможной перестройки в пелагической экосистеме Берингова моря указывалось, что время весеннего цветения воды (бурное развитие фитопланктона) определяется совокупностью сроков освобождения акватории ото льда, стабилизацией водного столба солнечным прогревом и отсутствием штормового перемешивания вод. При раннем цветении фитопланктона, что обычно наблюдается при позднем таянии льдов и холодной воде, его максимум не совпадает с размножением зоопланктона, и часть первичной продукции уходит в донные сообщества. В этой связи, уровень продукции фитопланктона и зоопланктона не способствует достаточной кормовой обеспеченности обитающих в пелагиали личинок рыб (минтай, сельдь, терпуги). Следовательно, в холодные годы создаются менее комфортные условия для формирования урожайных поколений этих видов. В то же время в придонных слоях, где обитают личинки и молодь трески, наваги и камбал [Датский и др., 2021], складываются благоприятные условия. Наоборот, в тёплые годы при раннем таянии льдов и повышенной температуре воды и соответствующего позднего цветения фитопланктона первичная продукция используется зоопланктоном более эффективно и преимущественно в пелагиали. Значительная концентрация фито- и зоопланктона приводит к улучшению кормовой базы личинок и возможному появлению урожайных поколений пелагических рыб.

Более поздние исследования по минтаю Берингова моря [Hunt et al., 2011; Шунтов, 2016] в целом подтвердили прогнозы о том, что в годы с ранним

Таблица 6. Распределение урожайных и сверхурожайных поколений основных промысловых рыб в зависимости от термического режима дальневосточных морей, тихоокеанских вод Камчатки и северных и южных Курильских островов в 1920–2010-е гг.

Table 6. Distribution of productive and super-yielding generations of the main commercial fish depending on the thermal regime of the Far Eastern seas, the Pacific waters of Kamchatka and the northern and southern Kuril Islands in the 1920s-2010s

Морские рыбы (виды, группировки)	Урожайные поколения, экз.				Урожайные поколения, %				Сверхурожайные поколения, экз.				Сверхурожайные поколения, %			
	Х	У	Т	Итого:	Х	У	Т	Итого:	Х	У	Т	Итого:	Х	У	Т	Итого:
<i>Морские рыбы, в том числе:</i>	59	125	90	274	21,5	45,6	32,8	100,0	36	65	40	141	25,5	46,1	28,4	100,0
<i>минтай, в том числе:</i>	18	41	22	81	22,2	50,6	27,2	100,0	8	19	13	40	20,0	47,5	32,5	100,0
минтай восточноберинговоморский (США)	5	7	6	18	27,8	38,9	33,3	100,0	2	2	3	7	28,6	28,6	42,9	100,0
минтай восточноохотоморский	4	9	4	17	23,5	52,9	23,5	100,0	2	2	1	5	40,0	40,0	20,0	100,0
минтай западноберинговоморский	1	7	3	11	9,1	63,6	27,3	100,0	0	5	2	7	0	71,4	28,6	100,0
минтай Японского моря (Приморье)	3	6	2	11	27,3	54,5	18,2	100,0	1	2	0	3	33,3	66,7	0	100,0
минтай восточнокамчатский	1	5	4	10	10,0	50,0	40,0	100,0	1	5	4	10	10,0	50,0	40,0	100,0
минтай анадырско-наваринский	2	5	3	10	20,0	50,0	30,0	100,0	1	2	3	6	16,7	33,3	50,0	100,0
минтай Северо-Восточного Сахалина	2	2	0	4	50,0	50,0	0	100,0	1	1	0	2	50,0	50,0	0	100,0
<i>треска, в том числе:</i>	11	20	24	55	20,0	36,4	43,6	100,0	7	9	7	23	30,4	39,1	30,4	100,0
треска восточнокамчатская	1	6	6	13	7,7	46,2	46,2	100,0	1	0	4	5	20,0	0	80,0	100,0
треска карагинская	4	3	4	11	36,4	27,3	36,4	100,0	3	3	1	7	42,9	42,9	14,3	100,0
треска анадырско-наваринская	4	5	2	11	36,4	45,5	18,2	100,0	2	3	0	5	40,0	60,0	0	100,0
треска западнокамчатская	1	5	4	10	10,0	50,0	40,0	100,0	0	2	0	2	0	100,0	0	100,0
треска южнокурильская	0	0	7	7	0	0	100,0	100,0	0	0	2	2	0	0	100,0	100,0
треска западносахалинская	1	1	1	3	33,3	33,3	33,3	100,0	1	1	0	2	50,0	50,0	0	100,0
<i>навага, в том числе:</i>	3	7	3	13	23,1	53,8	23,1	100,0	1	4	3	8	12,5	50,0	37,5	100,0
навага карагинская	2	4	1	7	28,6	57,1	14,3	100,0	1	2	1	4	25,0	50,0	25,0	100,0
навага залива Терпения (Восточный Сахалин)	1	2	1	4	25,0	50,0	25,0	100,0	0	1	1	2	0	50,0	50,0	100,0
навага западнокамчатская	0	1	1	2	0	50,0	50,0	100,0	0	1	1	2	0	50,0	50,0	100,0
<i>терпуги, в том числе:</i>	2	8	4	14	14,3	57,1	28,6	100,0	2	4	2	8	25,0	50,0	25,0	100,0
терпуг северный одноперый	1	4	2	7	14,3	57,1	28,6	100,0	1	2	1	4	25,0	50,0	25,0	100,0
терпуг южный одноперый	1	4	2	7	14,3	57,1	28,6	100,0	1	2	1	4	25,0	50,0	25,0	100,0
<i>камбалы, в том числе:</i>	18	37	27	82	22,0	45,1	32,9	100,0	14	20	10	44	31,8	45,5	22,7	100,0
камбала желтоперая залива Терпения	4	10	4	18	22,2	55,6	22,2	100,0	2	9	2	13	15,4	69,2	15,4	100,0
камбала желтоперая карагинская	0	9	9	18	0	50,0	50,0	100,0	0	4	5	9	0	44,4	55,6	100,0
камбала желтоперая западносахалинская	6	5	6	17	35,3	29,4	35,3	100,0	5	4	0	9	55,6	44,4	0	100,0
камбала двухлинейная восточнокамчатская	4	6	6	16	25,0	37,5	37,5	100,0	3	2	3	8	37,5	25,0	37,5	100,0
камбала желтоперая западнокамчатская	4	7	2	13	30,8	53,8	15,4	100,0	4	1	0	5	80,0	20,0	0	100,0
<i>сельдь, в том числе:</i>	7	12	10	29	24,1	41,4	34,5	100,0	4	9	5	18	22,2	50,0	27,8	100,0
сельдь охотская	2	5	3	10	20,0	50,0	30,0	100,0	2	5	0	7	28,6	71,4	0	100,0
сельдь гижигинско-камчатская	2	2	3	7	28,6	28,6	42,9	100,0	1	0	1	2	50,0	0	50,0	100,0
сельдь восточноберинговоморская (РФ, США)	0	4	2	6	0	66,7	33,3	100,0	0	3	2	5	0	60,0	40,0	100,0
сельдь корфо-карагинская	3	1	2	6	50,0	16,7	33,3	100,0	1	1	2	4	25,0	25,0	50,0	100,0

Примечание: Типы лет по температуре вод: Х – холодные годы; У – умеренные годы; Т – тёплые годы.

Таблица 7. Распределение урожайных и сверхурожайных поколений основных промысловых рыб в зависимости от ледового режима дальневосточных морей, тихоокеанских вод Камчатки и северных и южных Курильских островов в 1920–2010-е гг.**Table 7.** Distribution of productive and super-yielding generations of the main commercial fish depending on the ice regime of the Far Eastern seas, the Pacific waters of Kamchatka and the northern and southern Kuril Islands in the 1920s-2010s

Морские рыбы (виды, группировки)	Урожайные поколения, экз.				Урожайные поколения, %				Сверхурожайные поколения, экз.				Сверхурожайные поколения, %			
	Х	У	Т	Итого:	Х	У	Т	Итого:	Х	У	Т	Итого:	Х	У	Т	Итого:
<i>Морские рыбы, в том числе:</i>	45	194	108	347	13,0	55,9	31,1	100,0	25	89	43	157	15,9	56,7	27,4	100,0
<i>минтай, в том числе:</i>	10	57	37	104	9,6	54,8	35,6	100,0	4	27	15	46	8,7	58,7	32,6	100,0
минтай восточноохотоморский	3	10	9	22	13,6	45,5	40,9	100,0	2	3	2	7	28,6	42,9	28,6	100,0
минтай восточноберингоморский (США)	3	11	7	21	14,3	52,4	33,3	100,0	0	5	3	8	0	62,5	37,5	100,0
минтай анадырско-наваринский	1	9	4	14	7,1	64,3	28,6	100,0	0	4	3	7	0	57,1	42,9	100,0
минтай западноберингоморский	1	9	4	14	7,1	64,3	28,6	100,0	0	5	2	7	0	71,4	28,6	100,0
минтай восточнокамчатский	1	7	5	13	7,7	53,8	38,5	100,0	1	7	3	11	9,1	63,6	27,3	100,0
минтай Японского моря (Приморье)	0	7	6	13	0	53,8	46,2	100,0	0	2	2	4	0	50,0	50,0	100,0
минтай Северо-восточного Сахалина	1	4	2	7	14,3	57,1	28,6	100,0	1	1	0	2	50,0	50,0	0	100,0
<i>треска, в том числе:</i>	9	36	23	68	13,2	52,9	33,8	100,0	4	16	7	27	14,8	59,3	25,9	100,0
треска восточнокамчатская	1	10	6	17	5,9	58,8	35,3	100,0	1	3	1	5	20,0	60,0	20,0	100,0
треска анадырско-наваринская	3	7	6	16	18,8	43,8	37,5	100,0	1	4	3	8	12,5	50,0	37,5	100,0
треска карагинская	1	7	5	13	7,7	53,8	38,5	100,0	1	4	2	7	14,3	57,1	28,6	100,0
треска западнокамчатская	3	7	3	13	23,1	53,8	23,1	100,0	0	2	1	3	0	66,7	33,3	100,0
треска южнокурильская	1	3	3	7	14,3	42,9	42,9	100,0	1	1	0	2	50,0	50,0	0	100,0
треска западносахалинская	0	2	0	2	0	100,0	0	100,0	0	2	0	2	0	100,0	0	100,0
<i>навага, в том числе:</i>	3	12	9	24	12,5	50,0	37,5	100,0	1	5	5	11	9,1	45,5	45,5	100,0
навага карагинская	1	7	3	11	9,1	63,6	27,3	100,0	1	3	2	6	16,7	50,0	33,3	100,0
навага залива Терпения (Восточный Сахалин)	1	4	2	7	14,3	57,1	28,6	100,0	0	1	1	2	0	50,0	50,0	100,0
навага западнокамчатская	1	1	4	6	16,7	16,7	66,7	100,0	0	1	2	3	0	33,3	66,7	100,0
<i>терпуги, в том числе:</i>	2	11	5	18	11,1	61,1	27,8	100,0	1	4	3	8	12,5	50,0	37,5	100,0
терпуг северный одноперый	0	8	3	11	0	72,7	27,3	100,0	0	4	1	5	0	80,0	20,0	100,0
терпуг южный одноперый	2	3	2	7	28,6	42,9	28,6	100,0	1	0	2	3	33,3	0	66,7	100,0
<i>камбалы, в том числе:</i>	12	55	17	84	14,3	65,5	20,2	100,0	11	26	8	45	24,4	57,8	17,8	100,0
камбала желтоперая залива Терпения	3	17	3	23	13,0	73,9	13,0	100,0	3	8	2	13	23,1	61,5	15,4	100,0
камбала желтоперая западнокамчатская	5	13	4	22	22,7	59,1	18,2	100,0	4	2	2	8	50,0	25,0	25,0	100,0
камбала желтоперая карагинская	0	13	9	22	0	59,1	40,9	100,0	0	4	3	7	0	57,1	42,9	100,0
камбала желтоперая западносахалинская	2	7	0	9	22,2	77,8	0	100,0	2	7	0	9	22,2	77,8	0	100,0
камбала двухлинейная восточнокамчатская	2	5	1	8	25,0	62,5	12,5	100,0	2	5	1	8	25,0	62,5	12,5	100,0
<i>сельдь, в том числе:</i>	9	23	17	49	18,4	46,9	34,7	100,0	4	11	5	20	20,0	55,0	25,0	100,0
сельдь охотская	3	6	6	15	20,0	40,0	40,0	100,0	1	4	2	7	14,3	57,1	28,6	100,0
сельдь восточноберингоморская (РФ, США)	0	7	5	12	0	58,3	41,7	100,0	0	3	2	5	0	60,0	40,0	100,0
сельдь гижигинско-камчатская	5	1	6	12	41,7	8,3	50,0	100,0	3	0	1	4	75,0	0	25,0	100,0
сельдь корфо-карагинская	1	9	0	10	10,0	90,0	0	100,0	0	4	0	4	0	100,0	0	100,0

Примечание: Типы лет по ледовитости: Х – холодные годы; У – умеренные годы; Т – тёплые годы.

Таблица 8. Сопряжение появления урожайных и сверхурожайных поколений у группировок промысловых рыб с холодными и тёплыми типами лет по термическому и ледовому режимам в дальневосточных морях, тихоокеанских водах Камчатки и северных и южных Курильских островов в 1920–2010-е гг.

Table 8. Coupling of the appearance of high-yielding and super-yielding generations in groups of commercial fish with cold and warm types of years according to the thermal and ice regimes in the Far Eastern seas, the Pacific waters of Kamchatka and the northern and southern Kuril Islands in the 1920s-2010s

Морские рыбы (виды)	Термический режим								Ледовый режим							
	Урожайные поколения, группировки				Сверхурожайные поколения, группировки				Урожайные поколения, группировки				Сверхурожайные поколения, группировки			
	Х	Т	Р	Итого:	Х	Т	Р	Итого:	Х	Т	Р	Итого:	Х	Т	Р	Итого:
Морские рыбы, в том числе:	6	15	6	Т	9	11	7	Т	4	19	4	Т	7	16	4	Т
- минтай	2	4	1	Т	3	4	0	Т	0	7	0	Т	1	5	1	Т
- треска	1	3	2	Т	3	2	1	Х	0	4	2	Т	1	3	2	Т
- навага	1	1	1	Р	0	2	1	Т	0	3	0	Т	0	3	0	Т
- терпуги	0	2	0	Т	0	0	2	Р	0	1	1	Т	0	2	0	Т
- камбалы	1	2	2	Т	2	1	2	Х	3	1	1	Х	4	1	0	Х
- сельдь	1	3	0	Т	1	2	1	Т	1	3	0	Т	1	2	1	Т

Примечание: Типы лет: Х – холодные годы; Т – тёплые годы; Р – равное соотношение тёплых и холодных лет.

отступлением льда большая часть первичной продукции потребляется в пелагиали, и по этой причине значительное количество сеголеток данного вида доживает до лета. Однако было уточнено, что в такие годы снижается продукция крупного зоопланктона (массовым видам которого требуется раннее цветение, обычно связанное с поздним таянием морского льда, чтобы обеспечить кормовую базу, необходимую для развития копеподитов из науплиев), что лишает сеголеток летом и осенью богатой липидами кормовой базы. Дополнительно на них увеличивается воздействие хищников, поскольку более крупные минтай и прочие рыбы переключаются с зоопланктона на сеголеток, результатом чего может быть пониженная их численность в годовалом возрасте в следующем году. Пересмотренная гипотеза колебаний ограничивающего фактора (Oscillating control hypothesis) указывает на возможные ограничения на пополнение минтая в очень тёплые периоды с уменьшением ледовитости, что, впрочем, лишь подтверждает тот факт, что как чрезвычайно высокие, так и чрезвычайно низкие температуры могут быть неблагоприятными для образования сильных годовых классов. Данная гипотеза требует уточнения с учётом различия условий среды на обширной акватории моря, когда на восточном шельфе даже при очень раннем очищении акватории ото льда (февраль-март) или отсутствии льда зимой цветение фитопланктона может проявиться в поверхностном слое в марте или в апреле. Однако для западного шельфа такие ситуации не характерны: при раннем сходе льда наблю-

далось относительно позднее цветение. Разнесение схода льда и цветения во времени может происходить вдоль области наиболее южного положения кромки льда, а в северной части шельфа развитие фитопланктона почти строго привязано к очищению акватории ото льда. В случае раннего схода льда срок цветения определяется не только ветровыми условиями, но и интенсивностью нагрева водной поверхности [Кивва и др., 2020]. Сложности к интерпретации итогов исследований добавляют и особенности распределения личинок минтая в Беринговом море, которые могут встречаться как в поверхностных слоях до 60 м, так и опускаться до 200–500 м [Датский и др., 2021].

В общем итоге отметим, что полученные результаты настоящей работы лишь в малой степени освещают многофакторное воздействие среды обитания на численность морских рыб. Тесная связь происходящих природных процессов, включая реакцию отдельных видов и их группировок на конкретные факторы среды, приводит к появлению вариаций периодических частот колебаний, обусловленных региональными особенностями и многообразием среды обитания, а также внутривидовыми механизмами, отлаженными в процессе эволюции видов. При этом очевидно, что факторы среды (в нашем случае температура поверхностных вод и площадь ледового покрова), оказывающие влияние на продуктивность морских рыб, можно и необходимо использовать в качестве дополнительных аргументов для обоснования прогнозов их запасов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воздействие абиотических и прочих факторов на различные виды и группировки промысловых рыб происходит вследствие региональных особенностей их распространения. Проведённые ранее исследования обнаружили связь обилия рыб с такими факторами среды как температура воды в различных горизонтах (от поверхности до дна), ледовитость, площадь цветения фитопланктона, биомасса различных фракций и видов зоопланктона, солнечная активность. Наиболее существенным является воздействие естественных факторов на молодь рыб, дальнейший рост которой, при появлении урожайных поколений, приводит к значимому росту биомассы. В настоящей работе исследования были продолжены, для чего были привлечены данные 380 урожайных поколений 27 запасов массовых промысловых рыб Берингова, Охотского, Японского морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана. Основной целью ставилось выявление сопряжённости появления урожайных поколений у минтая, трески, наваги, сельди, терпугов (северного и южного одноперых) и камбал (желтоперая и двухлинейная) с температурным режимом поверхностных вод и ледовитостью дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана.

Распределение урожайных поколений рыб по данным 1921–2020 гг. с разбивкой по десятилетиям показало, что наибольшее их число пришлось на 1980-е гг.: 76 генераций, или 20% упомянутых в литературе урожайных и сверхурожайных поколений. Относительно высоким было их появление также в 1970-е и начале 2000-х гг. Максимальное число таких поколений среди всех рыб было зафиксировано на спаде циклов солнечной активности (140 поколений), наименьшее – на их минимумах (61 поколение). У минтая преобладали генерации на максимуме активности Солнца; у трески, терпугов, камбал и сельди – на спаде, у наваги – на подъёме.

Общая тенденция к потеплению воды с сопутствующим снижением ледовитости по всему Дальнему Востоку привела к уменьшению числа урожайных поколений морских рыб: с 74–76 генераций в 1970–1990-х гг. до 28 – в 2010-е гг. Наиболее присуще это для всех группировок минтая Берингова моря, его восточноохотоморской и приморской популяций, западнокамчатской, карагинской, восточнокамчатской и южнокурильской трески, наваги залива Терпения, восточно- и западносахалинской, карагинской желтоперой камбалы и двухлинейной камбалы у берегов Восточной Камчатки.

Наибольшее число урожайных поколений появлялось в умеренные (по термическому и ледовому режи-

мам) годы, затем следовали тёплые типы лет, и реже всего такие поколения зарождались в холодные годы. Справедливо это для всех видов, за исключением трески, у которой преобладали урожайные поколения, появившиеся в тёплые по температуре воды годы, и камбал, у которых сверхурожайные поколения довольно часто (после умеренных лет) появлялись в холодные по термическим условиям и ледовитости годы.

Результаты настоящего исследования дополняют многочисленные работы по изучению многофакторного воздействия среды обитания на запасы морских рыб. В дальнейшем такие исследования следует проводить с использованием аппарата математической статистики с целью уточнения неслучайности полученных совпадений.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при подготовке данной статьи.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа является результатом личной инициативы авторов, она выполнена без привлечения внешнего финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдюшин С.И., Данилов А.Д. 1993. Солнечная активность и события на Земле: вымыслы и реальность // Природа. № 3. С. 34–42.
- Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: ВНИРО. 244 с.
- Антонов Н.П. 2013. Треска *Gadus macrocephalus* прикамчатских вод // Тихоокеанская треска дальневосточных вод России / Под ред. А.М. Орлова. М.: Изд-во ВНИРО. С. 133–151.
- Балыкин П.А. 1990. Биология и состояние запасов минтая западной части Берингова моря: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский. 23 с.
- Балыкин П.А. 2006. Ихтиоцены западной части Берингова моря: состав, промысловая значимость и состояние запасов: Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М.: ВНИРО. 50 с.
- Балыкин П.А., Карпенко В.И. 2006. Биологические ресурсы западной части Берингова моря. Петропавловск-Камчатский: МБФ. 184 с.
- Борец Л.А., Степаненко М.А., Николаев А.В., Грицай Е.В. 2002. Состояние запасов минтая в наваринском районе Берингова моря и причины, определяющие эффективность его промысла // Известия ТИНРО. Т. 130, ч. III. С. 1001–1014.
- Буслов А.В. 2008. Минтай восточного побережья Камчатки: современное состояние запасов и рекомендации по

- рациональной эксплуатации // Известия ТИНРО. Т. 152. С. 3–17.
- Вдовин А.Н., Четырбоцкий А.Н., Нуждин В.В. 2017. Динамика численности приморского минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) (Gadiformes: Gadidae) в Японском море // Биология моря. Т. 43, № 5. С. 321–328.
- Вершинин В.Г. 1987. О биологии и современном состоянии запасов трески северной части Берингова моря // Биологические ресурсы Арктики и Антарктики. М.: Наука. С. 207–224.
- Грицай Е.В. 2006. Изменчивость размерно-возрастного состава минтая на восточно- и северо-беринговоморском шельфе // Известия ТИНРО. Т. 146. С. 84–102.
- Грицай Е.В., Шейбак А.Ю. 2009. Анализ промысла и динамика размерно-возрастного состава минтая в Анадырско-Наваринском районе в 2003–2008 гг. // Известия ТИНРО. Т. 158. С. 158–186.
- Датский А.В. 2004. Размножение минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в Анадырском заливе // Вопросы рыболовства. Т. 5, № 4(20). С. 597–617.
- Датский А.В., Кулик В.В., Датская С.А. 2021. Динамика обилия массовых промысловых рыб дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана и влияющие на неё факторы // Труды ВНИРО. Т. 186, № 4. С. 31–77. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-186-31-77>
- Дементьева Т.Ф. 1961. Значение решающего фактора в свете годовых и многолетних колебаний численности популяций. Труды совещания по динамике численности рыб. М.: Изд-во РАН СССР. Вып. 13. С. 34–43.
- Думанская И.О. 2017. Ледовые условия морей азиатской части России. М.: Обнинск: ИГ-СОЦИН. 640 с.
- Дьяков Ю.П. 2011. Камбалообразные (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 433 с.
- Ермолаев Ю.И., Ермолаев М.Ю. 2009. Солнечные и межпланетные источники геомагнитных бурь: аспекты космической погоды // Геофизические процессы и биосфера. Т. 8, № 1. С. 5–35.
- Зверькова Л.М. 2003. Минтай. Биология, состояние запасов. Владивосток: ТИНРО-Центр. 248 с.
- Золотов А.О., Золотов О.Г., Спиринов И.Ю. 2015. Многолетняя динамика биомассы и современный промысел северного одноперого терпуга *Pleurogrammus tonopterygius* в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 181. С. 3–22.
- Золотов А.О., Смирнов А.В., Баранчук-Червонный Л.Н., Дубинина А.Ю. 2014. Многолетняя динамика и современное состояние запасов желтопёрой камбалы *Limanda aspera* в водах о. Сахалин // Известия ТИНРО. Т. 178. С. 25–57.
- Золотов А.О., Фатыхов Р.Н. 2016. Состояние запасов и особенности промысла южного одноперого терпуга *Pleurogrammus azonusus* Jordan et Metz (1913) в водах южных Курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 186. С. 61–80.
- Ижевский Г.К. 1961. Океанологические основы формирования промысловой продуктивности морей. М.: Пищевая промышленность. 216 с.
- Ижевский Г.К. 1964. Системная основа прогнозирования океанологических условий воспроизводства рыб. М.: ВНИРО. 165 с.
- Качина Т.Ф. 1981. Сельдь западной части Берингова моря. М.: Лёгкая и пищевая промышленность. 121 с.
- Кивва К.К., Селиванова Ю.В., Писарева М.Н., Сумкина А.А. 2020. Роль физических процессов в формировании весеннего «цветения» фитопланктона в Беринговом море // Труды ВНИРО. Т. 181. С. 206–222.
- Ким Сен Ток. 1996. Особенности биологии трески в связи с условиями обитания в водах западного побережья Сахалина и южных Курильских островов: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 22 с.
- Ким Сен Ток. 2013. Отличительные черты биологии и ресурсы трески северо-восточной части Японского моря (западное побережье о. Сахалин) // Тихоокеанская треска дальневосточных вод России / под ред. А.М. Орлова. М.: ВНИРО. С. 81–106.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. 2005. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М.: Изд-во ВНИРО. 235 с.
- Колесник Ю.А. 2002 а. Неравномерность вращения Земли и её влияние на природные процессы и динамику биосистем // Известия ТИНРО. Т. 130. С. 1283–1297.
- Колесник Ю.А. 2002 б. Солнечная активность и планеты // Известия ТИНРО. Т. 130. С. 1275–1282.
- Кровнин А.С., Антонов Н.П., Котенев Б.Н., Мурый Г.П. 2017. Влияние климата на квазидекадные изменения численности поколений трески северо-западной части Берингова моря // Труды ВНИРО. Т. 169. С. 37–50.
- Кушинг Д.Х. 1979. Морская экология и рыболовство. М.: Пищевая промышленность. 288 с.
- Лобода С.В. 2007. Основные результаты исследования тихоокеанской сельди в Охотском море в 2002–2006 гг. // Известия ТИНРО. Т. 150. С. 102–110.
- Лобода С.В., Жигалин А.Ю. 2017. Результаты исследований тихоокеанской сельди в северо-западной части Берингова моря в 2010–2015 гг. // Известия ТИНРО. Т. 188. С. 125–139.
- Лобода С.В., Мельников И.В. 2005. Сельдь северной части Охотского моря: современное состояние популяций и перспективы промысла // Рыбное хозяйство. № 3. С. 28–29.
- Лучин В.А. 2008. Термический режим вод дальневосточных морей (Японского, Охотского, Берингова): Автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. Владивосток: ТОИ РАН. 48 с.
- Мирошниченко Л.И. 2011. Физика Солнца и солнечно-земных связей: учебное пособие / под ред. М.И. Панасюка. М.: Университетская книга. 174 с.
- Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. 330 с.
- Науменко Н.И. 2010. Динамика численности сельди *Clupea pallasii* Val. западной части Берингова моря // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки

- и северо-западной части Тихого океана. Вып. 16. С. 140–145.
- Новикова О.В. 2007. Дальневосточная навага (*Eleginus gracilis* (Til.)) прикамчатских вод: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 23 с.
- Новикова О.В. 2013. Современное состояние запасов дальневосточной наваги Охотского моря // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 29. С. 104–109.
- Овсянников Е.Е. 2009. Оценка урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 157. С. 64–80.
- Овсянников Е.Е. 2011. Динамика пространственного распределения икры и молоди минтая в северной части Охотского моря: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 20 с.
- Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Шейбак А.Ю. 2013. Динамика и структура запасов минтая в северной части Охотского моря в 2000-е годы // Известия ТИНРО. Т. 172. С. 135–148.
- Пищальник В.М., Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.С. 2016. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 гг. // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 158–171.
- Сафронов С.Н. 1986. Тихоокеанская навага // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 201–212.
- Серобаба И.И. 1974. Экология нереста беринговоморского минтая // Вопросы ихтиологии. Т. 14, вып. 4. С. 635–648.
- Смирнов А.А. 2014. Биология, распределение и состояние запасов гижигинско-камчатской сельди: Монография. Магадан: СВГУ. 170 с.
- Степаненко М.А. 2001 а. Состояние запасов, межгодовая изменчивость численности пополнения и промысловое использование минтая восточноберинговоморской популяции в 80–90-е годы // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 145–152.
- Степаненко М.А. 2001 б. Закономерности межгодовой изменчивости численности восточноберинговоморской популяции минтая *Theragra chalcogramma* и её тенденции в конце 90-х годов // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 136–144.
- Степаненко М.А., Грицай Е.В. 2016. Состояние ресурсов, пространственная дифференциация и воспроизводство минтая в северной и восточной частях Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 16–30.
- Степаненко М.А., Николаев А.В., Грицай Е.В. 2007. Численность, распространение восточно-беринговоморского минтая и промысел в начале 2000-х годов // Известия ТИНРО. Т. 150. С. 3–26.
- Тарасюк С.Н. 1997. Биология и динамика численности основных промысловых камбал Сахалина: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток. 24 с.
- Толстяк А.Ф. 1990. Влияние некоторых факторов среды на численность поколений камчатской наваги // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей Советского Союза. М.: Наука. С. 148–155.
- Фадеев Н.С., Грицай Е.В. 2003. Обзор промысла и анализ размерно-возрастного состава минтая в Наваринском районе в 1998–2002 гг. // Известия ТИНРО. Т. 134. С. 135–143.
- Фархутдинов Р.К. 2005. Экология воспроизводства, динамика численности и состояние запасов охотской сельди: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Хабаровск: ВНИИПРХ. 22 с.
- Шатилина Т.А., Кравченко Р.Б. 2013. Результаты классификации временного ряда температуры воды в Южно-Курильском районе и связь с региональными атмосферными индексами // Известия ТИНРО. Т. 172. С. 208–223.
- Шунтов В.П. 2001. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 1. 580 с.
- Шунтов В.П. 2016. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО. Т. 2. 604 с.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2008. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 1. 481 с.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2011. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 2. 473 с.
- Язев С.А., Леви К.Г., Задонина Н.В. 2009. Глобальное потепление и вопросы научной методологии // Известия Иркутского ун-та. Серия «Науки о Земле». Т. 1, № 1. С. 198–213.
- Andrews A. G. III, Strasburger W.W., Farley E. V. Jr., Murphy J.M., Coyle K. O. 2016. Effects of warm and cold climate conditions on capelin (*Mallotus villosus*) and Pacific herring (*Clupea pallasii*) in the eastern Bering Sea // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 134. P. 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.10.008>
- Baker M.R., Kivva K.K., Pisareva M.N., Watson J.T., Selivanova J. 2020. Shifts in the physical environment in the Pacific Arctic and implications for ecological timing and conditions // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 177. Article 104802. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104802>
- Eisner L.B., Siddon E.C., Strasburger W.W. 2015. Spatial and temporal changes in assemblage structure of zooplankton and pelagic fish in the Eastern Bering sea across varying climate conditions // Известия ТИНРО. Т. 181. С. 141–160.
- Eisner L.B., Zuenko Y.I., Basyuk E.O., Britt L.L., Duffy-Anderson J.T., Kotwicki S., Ladd C., Cheng W. 2020. Environmental impacts on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) distribution across the Bering Sea shelf // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. Article 104881. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104881>
- Helser T.E., Colman J.R., Anderl D.M., Kestelle C.R. 2017. Growth dynamics of saffron cod (*Eleginus gracilis*) and Arctic cod (*Boreogadus saida*) in the Northern Bering and Chukchi Seas // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 135. P. 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.12.009>
- Hunt G.L., Coyle K.L., Eisner L.B., Farley E.V., Heintz R.A., Mueter F., Napp J.M., Overland J.E., Ressler P.H., Salo S., Stabeno P.J. 2011. Climate impacts on eastern Bering Sea foodwebs: a synthesis of new data and an assessment of the oscillating control hypothesis // ICES Journal of Marine Science. Vol. 68, Issue 6. P. 1230–1243. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr036>

- Hunt G.L., Stabeno P.J. Jr., Walters G., Sinclair E., Brodeur R.D., Napp J.M., Bond N.A. 2002. Climate change and control of the southeastern Bering Sea pelagic ecosystem // Deep Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 49. P. 5821–5853.
- Ianelli J.N., Honkalehto T., Barbeaux S., Kotwicki S., Aydin K., Williamson N. 2013. Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea. Accessible via: <http://www.afsc.noaa.gov/REFM/docs/2013/EBSpollock.pdf>.
- Ianelli J.N., Kotwicki S., Honkalehto T., McCarthy A., Stienessen S., Holsman K. 2018. Chapter 1: Assessment of the walleye pollock stock in the Easter Bering Sea. Accessible via: <https://www.afsc.noaa.gov/REFM/docs/2018/BSAI/2018EBSpollock.pdf>.
- Mueter F.J., Ladd C., Palmer M.C., Norcross B.L. 2006. Bottom-up and top-down controls of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) on the Eastern Bering Sea shelf // Progress in Oceanography. № 68. P. 152–183. doi:10.1016/j.pocean.2006.02.012
- Mueter F.J., Reist J.D., Sawatzky C.D., Christiansen J.S., Hedges K.J., Coad B.W., Karamushko O.V., Lauth R.R., Lynghammar A., MacPhee S.A., Mecklenburg C.W. 2013. Marine Fishes of the Arctic. In Jeffries M.O., Richter-Menge J.A. and Overland J.E., editors. Arctic Report Card 2013. Department of Commerce, NOAA. Accessible via: https://arctic.noaa.gov/Portals/7/ArcticReportCard/Documents/ArcticReportCard_full_report2013.pdf.
- Nishio S., Sasaki H., Waga H., Yamamura O. 2020. Effects of the timing of sea ice retreat on demersal fish assemblages in the northern Bering and Chukchi Seas // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. Article 104910. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104910>
- Siddon E.C., Zador S.G., Hunt G.L. Jr. 2020. Ecological responses to climate perturbations and minimal sea ice in the northern Bering Sea // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. Article 104914. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104914>
- Stevenson D.E., Lauth R.R. 2019. Bottom trawl surveys in the northern Bering Sea indicate recent shifts in the distribution of marine species // Polar Biol. V. 42. № 2. P. 407–421. <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2431-1>
- Balykin P.A., Karpenko V.I. 2006. Biological resources of the western part of the Bering Sea. Petropavlovsk-Kamchatsky: MBF. 184 p. (In Russ.).
- Borets L.A., Stepanenko M.A., Nikolaev A.V., Gritsay E.V. 2002. The state of walleye pollock stocks in the Navarinsky district of the Bering Sea and the reasons determining the effectiveness of its fishing // Izvestiya TINRO. Vol. 130, part III. P. 1001–1014. (In Russ.).
- Buslov A.V. 2008. Walleye pollock on the eastern coast of Kamchatka: current state of reserves and recommendations for rational exploitation // Izvestiya TINRO. Vol. 152. P. 3–17. (In Russ.).
- Vdovin A.N., Chetlebotky A.N., Nuzhdin V.V. 2017. Dynamics of the number of the seaside walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) (Gadiformes: Gadidae) in the Sea of Japan // Marine Biology. Vol. 43, № 5. P. 321–328. (In Russ.).
- Vershinin V.G. 1987. About biology and the current state of cod stocks in the northern part of the Bering Sea // Biological resources of the Arctic and Antarctic. M.: Nauka. P. 207–224. (In Russ.).
- Gritsay E.V. 2006. Variability of the size-age composition of walleye pollock on the East and North Bering Sea shelf // Izvestiya TINRO. T. 146. P. 84–102. (In Russ.).
- Gritsay E.V., Sheibak A.Yu. 2009. Analysis of the fishery and dynamics of the size-age composition of walleye pollock in the Anadyr-Navarinsky region in 2003–2008 // Izvestiya TINRO. T. 158. P. 158–186. (In Russ.).
- Datsky A.V. 2004. Reproduction of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae) in the Anadyr Bay // Questions of fisheries. Vol. 5, № 4(20). P. 597–617. (In Russ.).
- Datsky A.V., Kulik V.V., Datskaya S.A. 2021. Dynamics of the abundance of mass commercial fish in the Far Eastern seas and adjacent areas of the open part of the Pacific Ocean. P. 31–77. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-186-31-77>. (In Russ.).
- Dementieva T.F. 1961. Significance of the decisive factor in the light of annual and long-term fluctuations in the number of populations. Proceedings of the meeting on the dynamics of the number of fish. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. Issue. 13. P. 34–43. (In Russ.).
- Dumanskaya I.O. 2017. Ice conditions of the seas of the Asian part of Russia. M.; Obninsk: IG-SOTSIN. 640 p. (In Russ.).
- Dyakov Yu.P. 2011. Flatfish (Pleuronectiformes) of the Far Eastern seas of Russia (spatial organization of fauna, seasons and duration of spawning, population structure of the species, population dynamics). Petropavlovsk-Kamchatsky: Publishing House of KamchatNIRO. 433 p. (In Russ.).
- Ermolaev Yu.I., Ermolaev M.Yu. 2009. Solar and interplanetary sources of geomagnetic storms: aspects of space weather // Geofiz. processes and the biosphere. T. 8, № 1. P. 5–35. (In Russ.).
- Zverkova L.M. 2003. Walleye pollock. Biology, stock status. Vladivostok: TINRO-center. 248 p. (In Russ.).
- Zolotov A.O., Zolotov O.G., Spirin I.Yu. 2015. The long-term dynamics of biomass and the modern fishery for Atka mackerel in the Pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands // Izvestiya TINRO. Vol. 181. P. 3–22. (In Russ.).

REFERENCES

Avdyushin S.I., Danilov A.D. 1993. Solar activity and events on Earth: fiction and reality // Nature. № 3. P. 34–42. (In Russ.).

Antonov N.P. 2011. Commercial fish of the Kamchatka territory: biology, stocks, fishing. M.: VNIRO. 244 p. (In Russ.).

Antonov N.P. 2013. Cod *Gadus macrocephalus* of the Kamchatka waters // Pacific cod of the Far Eastern waters of Russia / Ed. A.M. Orlova. M.: Publishing house VNIRO. P. 133–151. (In Russ.).

Balykin P.A. 1990. Biology and status of walleye pollock stocks in the western part of the Bering Sea: PhD abstracts in biology Petropavlovsk-Kamchatsky. 23 p. (In Russ.).

Balykin P.A. 2006. Ichthyocenoses of the western part of the Bering Sea: composition, commercial importance and state of stocks: Doctor abstracts in biology. Moscow: VNIRO. 50 p. (In Russ.).

- Zolotov A.O., Smirnov A.V., Baranchuk-Chervonny L.N., Dubinina A. Yu. 2014. Long-term dynamics and current state of the stock of yellowfin sole in the waters of Sakhalin Island // *Izvestiya TINRO*. Vol. 178. P. 25–57. (In Russ.).
- Zolotov A.O., Fatykhov R.N. 2016. Status of stocks and fishing features Okhotsk atka mackerel Jordan et Metz (1913) in the waters of the southern Kuril Islands // *Izvestiya TINRO*. Vol. 186. P. 61–80. (In Russ.).
- Izhevsky G.K. 1961. Oceanological foundations of the formation of commercial productivity of the seas. M.: Pishchevaya promyshlennost 216 p. (In Russ.).
- Izhevsky G.K. 1964. System basis for forecasting oceanological conditions of fish reproduction. Moscow: VNIRO. 165 p. (In Russ.).
- Kachina T.F. 1981. Herring of the western part of the Bering Sea. M.: Legkaya i pishevaya promyshlennost 121 p. (In Russ.).
- Kivva K.K., Selivanova Yu.V., Pisareva M.N., Sumkina A.A. 2020. The role of physical processes in the formation of the spring «bloom» of phytoplankton in the Bering Sea // *Proceedings of VNIRO*. T. 181. S. 206–222. (In Russ.).
- Kim Sen Tok. 1996. Features of cod biology in connection with habitat conditions in the waters of the western coast of Sakhalin and the southern Kuril Islands: PhD abstracts in biology. Vladivostok: IBM FEB RAN. 22 p. (In Russ.).
- Kim Sen Tok. 2013. Distinctive features of the biology and resources of cod in the northeastern part of the Sea of Japan (the west coast of Sakhalin) // *Pacific cod of the Far Eastern waters of Russia* / edited by A.M. Orlov. M.: VNIRO. P. 81–106. (In Russ.).
- Klyashtorin L.B., Lyubushin A.A. 2005. Cyclical changes in climate and fish productivity. Moscow: VNIRO Publishing House. 235 p. (In Russ.).
- Kolesnik Yu.A. 2002 a. Irregularity of the Earth's rotation and its influence on natural processes and dynamics of biosystems // *Izvestiya TINRO*. T. 130. P. 1283–1297. (In Russ.).
- Kolesnik Yu.A. 2002 b. Solar activity and planets // *Izvestiya TINRO*. T. 130. P. 1275–1282. (In Russ.).
- Krovnin A.S., Antonov N.P., Kotenev B.N., Muriy G.P. 2017. The influence of climate on quasi-decadal changes in the number of generations of cod in the north-western part of the Bering Sea // *Proceedings of VNIRO*. Vol. 169. P. 37–50. (In Russ.).
- Cushing D.H. 1979. *Marine Ecology and Fisheries*. M.: Pishch. prom. 288 p. (In Russ.).
- Loboda S.V. 2007. Main results of the study of Pacific herring in the Sea of Okhotsk in 2002–2006. // *Izvestiya TINRO*. T. 150. P. 102–110. (In Russ.).
- Loboda S.V., Zhigalin A.Yu. 2017. Results of studies of Pacific herring in the northwestern part of the Bering Sea in 2010–2015 // *Izvestiya TINRO*. Vol. 188. P. 125–139. (In Russ.).
- Loboda S.V., Melnikov I.V. 2005. Herring in the northern part of the Sea of Okhotsk: the current state of populations and prospects for fishing // *Rybnoe khozyaystvo*. № 3. P. 28–29. (In Russ.).
- Luchin V.A. 2008. Thermal regime of the waters of the Far Eastern seas (Japan, Okhotsk, Bering seas): Doctor abstracts in biology. Vladivostok: TOI RAN. 48 p. (In Russ.).
- Miroshnichenko L.I. 2011. Physics of the Sun and solar-terrestrial relations: textbook / ed. M.I. Panasyuk. M.: University book. 174 p. (In Russ.).
- Naumenko N.I. 2001. Biology and fishery of sea herrings of the Far East. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka printing yard. 330 p. (In Russ.).
- Naumenko N.I. 2010. Population dynamics of herring *Clupea pallasii* Val. western part of the Bering Sea // *Research of water biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean*. Issue. 16. P. 140–145. (In Russ.).
- Novikova O.V. 2007. Saffron cod in the Kamchatka waters/ PhD abstracts in biology. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 23 p. (In Russ.).
- Novikova O.V. 2013. The current state of the reserves of the Far Eastern navaga of the Sea of Okhotsk // *Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean*. Issue. 29. P. 104–109. (In Russ.).
- Ovsyannikov E.E. 2009. Evaluation of the yield of walleye pollock generations in the northern part of the Sea of Okhotsk // *Izvestiya TINRO*. T. 157. P. 64–80. (In Russ.).
- Ovsyannikov E.E. 2011. Dynamics of spatial distribution of walleye pollock eggs and juveniles in the northern part of the Sea of Okhotsk. PhD abstracts in biology. Vladivostok: TINRO Center. 20 p. (In Russ.).
- Ovsyannikov E.E., Ovsyannikova S.L., Sheybak A.Yu. 2013. Dynamics and structure of walleye pollock stocks in the northern part of the Sea of Okhotsk in the 2000s // *Izvestiya TINRO*. T. 172. P. 133–148. (In Russ.).
- Pishchalnik V.M., Romanyuk V.A., Minervin I.G., Batukhtina A.S. 2016. Analysis of the dynamics of ice coverage anomalies in the Sea of Okhotsk in the period from 1882 to 2015 // *Izvestiya TINRO*. T. 185. P. 158–171. (In Russ.).
- Safronov S.N. 1986. Pacific navaga // *Biological resources of the Pacific Ocean*. M.: Nauka. P. 201–212. (In Russ.).
- Serobaba I.I. 1974. Ecology of Bering Sea pollock spawning // *Questions of ichthyology*. Vol. 14, Issue 4. P. 635–648. (In Russ.).
- Smirnov A.A. 2014. Biology, distribution and state of stocks of the Gizhiginsko-Kamchatka herring: Monograph. Magadan: SVSU. 170 p. (In Russ.).
- Stepanenko M.A. 2001 a. State of stocks, interannual variability of replenishment numbers and commercial use of walleye pollock from the East Bering Sea population in the 80–90s // *Izvestiya TINRO*. Vol. 128. P. 145–152. (In Russ.).
- Stepanenko M.A. 2001 b. Patterns of interannual variability in the numbers of the East Bering Sea walleye pollock population and its trends in the late 90s // *Izvestiya TINRO*. Vol. 128. P. 136–144. (In Russ.).
- Stepanenko M.A., Gritsay E.V. 2016. The state of resources, spatial differentiation and reproduction of walleye pollock in the northern and eastern parts of the Bering Sea // *Izvestiya TINRO*. Vol. 185. P. 16–30. (In Russ.).
- Stepanenko M.A., Nikolaev A.V., Gritsai E.V. 2007. Number, distribution of the East Bering Sea walleye pollock and fishing in the early 2000s // *Izvestiya TINRO*. T. 150. P. 3–26. (In Russ.).

- Tarasjuk S.N. 1997. Biology and abundance dynamics of the main fishing flounders of Sakhalin. PhD abstracts in biology. Vladivostok. 24 p. (In Russ.).
- Tolstyak A.F. 1990. Influence of some environmental factors on the number of generations of Kamchatka navaga / Biological resources of the shelf and marginal seas of the Soviet Union. M.: Science. P. 148–155. (In Russ.).
- Fadeev N.S., Gritsai E.V. 2003. Overview of the fishery and analysis of the size and age composition of walleye pollock in the Navarin region in 1998–2002 // Izvestiya TINRO. T. 134. P. 135–143. (In Russ.).
- Farkhutdinov R.K. 2005. Ecology of reproduction, dynamics of abundance and state of stocks of Okhotsk herring: PhD abstracts in biology. Khabarovsk: VNIIF. 22 p. (In Russ.).
- Shatilina T.A., Kravchenko R.B. 2013. Classification results of the time series of water temperature in the Yuzhno-Kuril region and connection with regional atmospheric indices // Izvestiya TINRO. T. 172. P. 208–223. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 2001. Biology of the Far Eastern Seas of Russia. Vladivostok: TINRO-center. T. 1. 580 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 2016. Biology of the Far Eastern Seas of Russia. Vladivostok: TINRO. T. 2. 604 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Walleye pollock in the ecosystems of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. 426 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Temnykh O.S. 2008. Pacific salmon in marine and ocean ecosystems. Vladivostok: TINRO-Center. T. 1. 481 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Temnykh O.S. 2011. Pacific salmon in marine and ocean ecosystems. Vladivostok: TINRO-Center. T. 2. 473 p. (In Russ.).
- Yazev S.A., Levi K.G., Zadonina N.V. 2009. Global warming and issues of scientific methodology // Izv. Irkutsk University. Earth Sciences series. T. 1, № 1. P. 198–213. (In Russ.).
- Andrews A.G. III, Strasburger W.W., Farley E.V. Jr., Murphy J.M., Coyle K.O. 2016. Effects of warm and cold climate conditions on capelin (*Mallotus villosus*) and Pacific herring (*Clupea pallasii*) in the eastern Bering Sea // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 134. P. 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.10.008>
- Baker M.R., Kivva K.K., Pisareva M.N., Watson J.T., Selivanova J. 2020. Shifts in the physical environment in the Pacific Arctic and implications for ecological timing and conditions // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 177. Article 104802. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104802>
- Eisner L.B., Siddon E.C., Strasburger W.W. 2015. Spatial and temporal changes in assemblage structure of zooplankton and pelagic fish in the Eastern Bering sea across varying climate conditions // Известия ТИНРО. T. 181. С. 141–160.
- Eisner L.B., Zuenko Y.I., Basyuk E.O., Britt L.L., Duffy-Anderson J.T., Kotwicki S., Ladd C., Cheng W. 2020. Environmental impacts on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) distribution across the Bering Sea shelf // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. Article 104881. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104881>
- Helser T.E., Colman J.R., Anderl D.M., Kestelle C.R. 2017. Growth dynamics of saffron cod (*Eleginus gracilis*) and Arctic cod (*Boreogadus saida*) in the Northern Bering and Chukchi Seas // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 135. P. 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.12.009>
- Hunt G.L., Coyle K.L., Eisner L.B., Farley E.V., Heintz R.A., Mueter F., Napp J.M., Overland J.E., Ressler P.H., Salo S., Stabeno P.J. 2011. Climate impacts on eastern Bering Sea foodwebs: a synthesis of new data and an assessment of the oscillating control hypothesis // ICES Journal of Marine Science. Vol. 68, Issue 6. P. 1230–1243. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr036>
- Hunt G.L., Stabeno P.J. Jr., Walters G., Sinclair E., Brodeur R.D., Napp J.M., Bond N.A. 2002. Climate change and control of the southeastern Bering Sea pelagic ecosystem // Deep Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 49. P. 5821–5853.
- Ianelli J.N., Honkalehto T., Barbeaux S., Kotwicki S., Aydin K., Williamson N. 2013. Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea. Accessible via: <http://www.afsc.noaa.gov/REFM/docs/2013/EBSpollock.pdf>.
- Ianelli J.N., Kotwicki S., Honkalehto T., McCarthy A., Stienessen S., Holsman K. 2018. Chapter 1: Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea. Accessible via: <https://www.afsc.noaa.gov/REFM/docs/2018/BSAI/2018EBSpollock.pdf>.
- Mueter F.J., Ladd C., Palmer M.C., Norcross B.L. 2006. Bottom-up and top-down controls of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) on the Eastern Bering Sea shelf // Progress in Oceanography. № 68. P. 152–183. doi:10.1016/j.pocan.2006.02.012
- Mueter F.J., Reist J.D., Sawatzky C.D., Christiansen J.S., Hedges K.J., Coad B.W., Karamushko O.V., Lauth R.R., Lynghammar A., MacPhee S.A., Mecklenburg C.W. 2013. Marine Fishes of the Arctic. In Jeffries M.O., Richter-Menge J.A. and Overland J.E., editors. Arctic Report Card 2013. Department of Commerce, NOAA. Accessible via: https://arctic.noaa.gov/Portals/7/ArcticReportCard/Documents/ArcticReportCard_full_report2013.pdf.
- Nishio S., Sasaki H., Waga H., Yamamura O. 2020. Effects of the timing of sea ice retreat on demersal fish assemblages in the northern Bering and Chukchi Seas // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. Article 104910. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104910>
- Siddon E.C., Zador S.G., Hunt G.L. Jr. 2020. Ecological responses to climate perturbations and minimal sea ice in the northern Bering Sea // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. Article 104914. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104914>
- Stevenson D.E., Lauth R.R. 2019. Bottom trawl surveys in the northern Bering Sea indicate recent shifts in the distribution of marine species // Polar Biol. V. 42. № 2. P. 407–421. <https://doi.org/10.1007/s00300-018-2431-1>

Поступила в редакцию 02.09.2022 г.
Принята после рецензии 19.01.2023 г.