

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ

УДК 574.52 (265.54)

**ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ В ЯПОНСКОМ МОРЕ НА СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ
ПРИМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ МИНТАЯ**

© 2018 г. Ю.И. Зуенко, В.А. Нуждин

*Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
Владивосток, 690091*

E-mail: zuenko_yury@hotmail.com

Поступила в редакцию 28.11.2017 г.

По данным траловых съемок исследована межгодовая динамика пополнения приморской популяции минтая, основное нерестилище которой находится в восточной части залива Петра Великого. На фоне тенденции к сокращению воспроизводства, доминирующей в последние десятилетия, отмечены 5–11-летние циклы изменений численности поколений, обусловленные обратной зависимостью пополнения от запаса, что свидетельствует о превышении экологической емкости биотопа для этого вида. Эта зависимость аппроксимирована степенной функцией, параметры которой, прежде всего экологическая емкость, меняются от цикла к циклу в тесной связи с термическим состоянием промежуточной водной массы Японского моря, в которой обитает минтай (связь линейная, отрицательная). Кроме того, один–два года в каждом цикле, когда при минимальном запасе формируются урожайные поколения, численность этих поколений напрямую связана с зимними термическими условиями на поверхности моря (связь линейная, отрицательная). Частота появления урожайных поколений зависит от экологической емкости биотопа: чем она больше, тем короче циклы и тем чаще появляются урожайные поколения. Современные изменения условий среды, характеризующиеся тенденцией к потеплению во всех слоях Японского моря и особенно в промежуточном слое, неблагоприятны для воспроизводства минтая, что проявляется в снижении экологической емкости биотопа для этого вида. На основе полученных закономерностей с использованием простой популяционной модели выполнен прогноз изменений запаса приморского минтая на ближайшие годы: ожидается рост запаса примерно до 2019 г., когда он превысит 100 тыс. т, а затем снижение до уровня ниже 80 тыс. т в середине 2020-х гг. Если тенденция к повышению температуры промежуточных вод будет сохраняться, высокий уровень запаса, позволяющий вести экономически эффективный промысел минтая, может более не восстановиться.

Ключевые слова: минтай, численность поколений, экологическая емкость, потепление климата, Японское море

ВВЕДЕНИЕ

Поиск закономерностей межгодовых изменений условий воспроизводства промысловых ресурсов и прогнозирование величины их запасов является одной из основных задач морской биологии и промысловой океанологии. Для некоторых видов рыб характерны резкие изменения численности, в результате их промысел становится неэффективным

и может полностью прекратиться, как это, например, случилось с дальневосточной сардиной-иваси в 1990-е гг. Минтай *Theragra chalcogramma* отличается более стабильным воспроизводством и запасом, но в условиях современных изменений климата на южной периферии ареала, в частности в Японском море, наблюдается депрессия ряда его популяций. Так, годовой вылов минтая в Восточ-

но-Корейском заливе сократился с 1,64 млн т в 1980-е гг. до 15–60 тыс. т в 2000-х гг., а в водах Южной Кореи вообще прекратился (Фадеев, Веспестад, 2006; Булатов, 2006). Численность приморской популяции минтая, основное нерестилище которой находится в районе так называемых «тафуинских свалов» в восточной части зал. Петра Великого, начиная с 1980-х гг. также существенно сократилась.

Чтобы выяснить, каким образом условия среды могут влиять на успешность нереста и, соответственно, на состояние запасов приморского минтая, была исследована динамика эффективности его воспроизводства. Для этого с учетом влияния внутривидовых факторов было проведено сравнение межгодовых изменений параметров термического состояния среды обитания минтая и показателей успешности воспроизводства.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Данные о численности популяции и ее возрастном составе получены по результатам ихтиопланктонных и донных траловых учетных съемок. До 1972 г. съемки выполнялись главным образом на акватории зал. Петра Великого, включая районы внешнего шельфа и континентального склона, где во время нереста концентрируется основная часть приморской популяции. С 1973 г. учетными работами охватывался весь ареал популяции. В качестве показателя успешности воспроизводства использован индекс численности поколений (ИЧП), принятый равным численности возрастной группы 4+ — наиболее массовой в уловах. Этот показатель определен методом прямого учета либо путем экстраполяции численности поколения в 4-годовалом возрасте по данным численности старшевозрастных групп с использованием свойства экспоненциального убывания численности поколения с возрастом. Методика проведения ихтиопланктонных и донных траловых учетных съемок, подсчета запаса и определения ИЧП в применении к примор-

скому минтаю подробно изложена в работе Вдовина с соавторами (2017). Ряды ИЧП, определенные по данным, собранным только в зал. Петра Великого, и по данным на всем шельфе и материковом склоне Приморья, статистически значимо коррелируют друг с другом ($R^2 = 0.55$), что позволило восстановить величины ИЧП для всей популяции за 1950–1960-е гг., когда съемки проводились только в зал. Петра Великого, и таким образом получить непрерывный 60-летний ряд изменений численности поколений (рис. 1).

В качестве показателей условий среды использованы данные о температуре верхнего слоя промежуточных вод Японского моря и температура воды на поверхности моря (ТПМ) в субарктической зоне к северу от Полярного фронта и к югу от фронта, где в зимнее время происходит формирование промежуточных вод. Температуру промежуточных вод измеряли на стандартных разрезах к югу и юго-востоку от порта Владивосток, иррегулярно, но часто выполняемых научно-исследовательскими судами ТИНРО. По данным вертикальных профилей всех станций с дискретностью 10 м по глубине рассчитывали модальную температуру в слое от сезонного термоклина до горизонта 200 м на дату выполнения разреза. Затем по данным всех разрезов восстанавливали ее сезонный ход для каждого года и удаляли сезонную компоненту изменчивости путем расчета аномалий относительно среднемноголетнего сезонного хода, определенного для периода 1981–1991 гг., когда наблюдения велись наиболее часто (до 70 раз в 1988 г.). Полученные аномалии были осреднены для летнего сезона (рис. 2, а). Измерения температуры на поверхности Японского моря обобщаются Японским метеорологическим агентством (JMA) и распространяются между участниками регионального проекта NEAR-GOOS в виде данных о средних декадных ТПМ в полуградусных квадратах. По этим данным были рассчитаны аномалии относительно средних за 1980–2010 гг., которые осреднены посезонно для северной и южной частей моря (рис. 2, б).

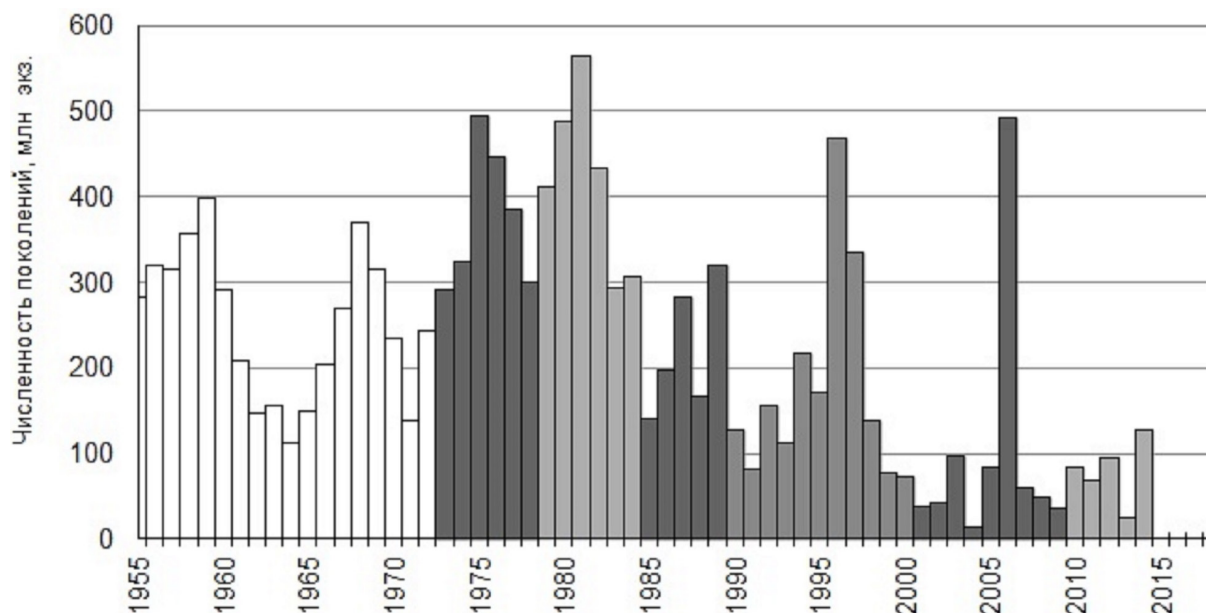


Рис. 1. Динамика индекса численности поколений приморского минтая. «Волны» численности условно обозначены оттенками серого, не окрашена часть ряда, восстановленная по данным съемок в зал. Петра Великого.

Основным методом анализа собранных данных избран корреляционный анализ межгодовых изменений. Статистическую значимость корреляционных связей и регрессионных моделей оценивали путем статистической проверки нулевой гипотезы с помощью распределения Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Зависимость пополнения популяции от популяционной плодовитости (соответствующей нерестовому запасу или общему запасу по данным траловых съемок, плохо учитывающих молодь) неоднозначна и может быть как положительной, так и отрицательной. В условиях превышения популяцией численности, оптимальной для занимаемого ей биотопа, эта зависимость, как правило, отрицательна, что на графике кривой Рикера, обычно используемой для описания этой зависимости (Ricker, 1954 — цит. по: Заринов, 2008), отображается как нисходящая ветвь. Для всего 60-летнего ряда наблюдений за пополнением приморского минтая какая-либо зависимость ИЧП от запаса

отсутствует, как и у многих других популяций данного вида (Булатов, 2014). Однако межгодовые изменения ИЧП приморского минтая характеризуются цикличностью, хорошо заметной на графике рис. 1, что позволяет предположить наличие автоколебаний, обусловленных периодическим превышением оптимальной численности популяции. Если рассмотреть отдельные «волны» численности, то в большинстве случаев можно видеть статистически значимую (не менее 0,95) отрицательную степенную связь с коэффициентом детерминации 0,65–0,95 (рис. 3).

При этом в каждой «волне» представлен только нисходящий участок зависимости, случаев положительной зависимости пополнения от величины запаса не наблюдалось. Эта особенность позволяет использовать для аппроксимации зависимости не только функцию Рикера, но и степенную функцию вида:

$$N = f(S - v)^{-b}, \quad (1)$$

которая более точно отображает результаты наблюдений и имеет более простой биологический смысл, хотя и применима лишь

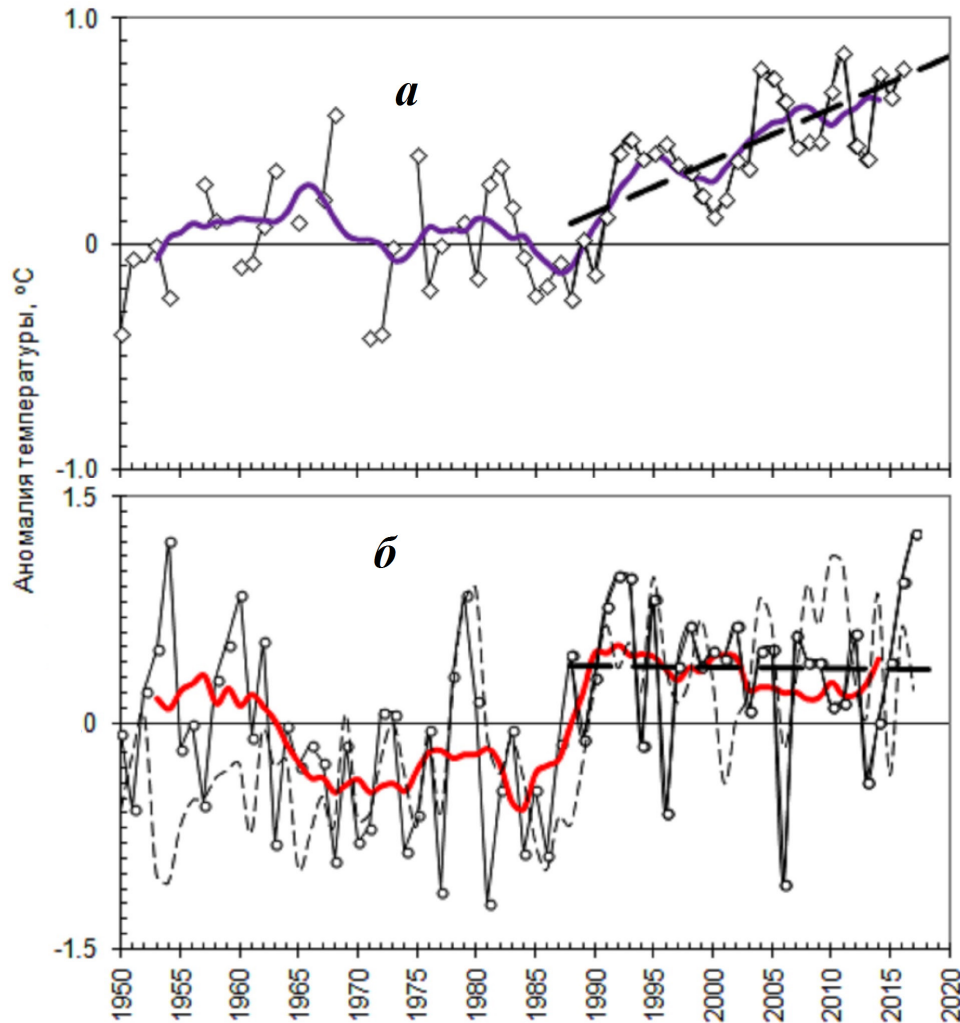


Рис. 2. Межгодовые изменения летних аномалий температуры верхнего слоя промежуточных вод у континентального склона зал. Петра Великого (а) и зимних аномалий температуры на поверхности южной (южнее 38°с.ш.) (—) и северной ($40\text{--}46^{\circ}\text{с.ш.}$) (---) частей Японского моря (б). Для первых двух показателей представлены результаты скользящего 7-летнего сглаживания и современный линейный тренд (—), (---).

в части возможного диапазона аргумента. В уравнении (1): N — ИЧП, f — репродуктивный потенциал популяции (соответствует экологической емкости, см. схему на рис. 3), S — запас, v — экологическая емкость биотопа (Заринов, 2008), b — эмпирический коэффициент.

Ограничения применения функции (1) связаны с тем, что при S , близком к v , и тем более при $S < v$, она дает нереалистичные значения N , но в исследуемый период эти ограничения не имеют значения, так как во всех случаях приближения запаса S

к оптимальной величине, соответствующей экологической емкости v , появлялись высокоурожайные поколения, благодаря которым запас вновь возрастал.

Отсутствие связи для всего ряда связано с тем, что параметры зависимости ИЧП от запаса (1) меняются между циклами, следуя изменениям в среде. Тенденция к потеплению промежуточных вод Японского моря, наблюдаемая в последние десятилетия, однозначно ведет к уменьшению экологической емкости биотопа для приморского минтая, вплоть до истощения ее в последние годы (рис. 4).

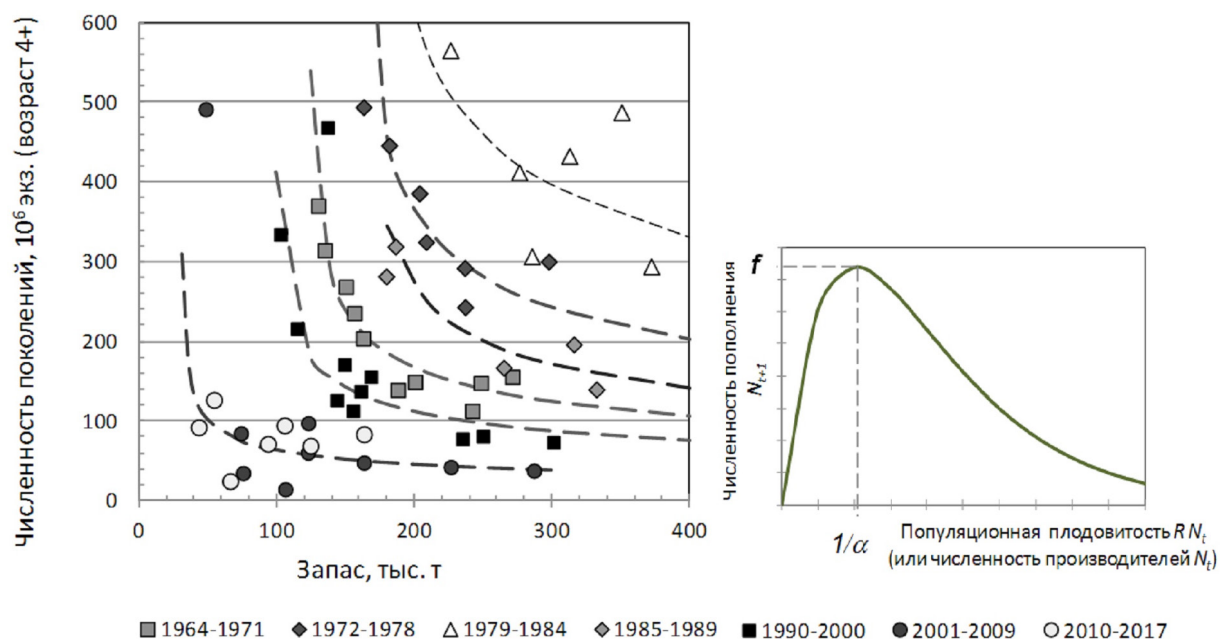


Рис. 3. Зависимость индекса численности поколений приморского минтая от его запаса и ее аппроксимация степенной функцией (1), отдельно для каждого цикла изменений численности (кроме 2010–2017). Справа — схематичное изображение кривой Рикера: $N_{t+1} = R N_t \exp(1 - \alpha N_t)$, где R — индивидуальная плодовитость; N_t, N_{t+1} — численность производителей и пополнения; $1/\alpha$ — экологическая емкость; f — репродуктивный потенциал популяции.

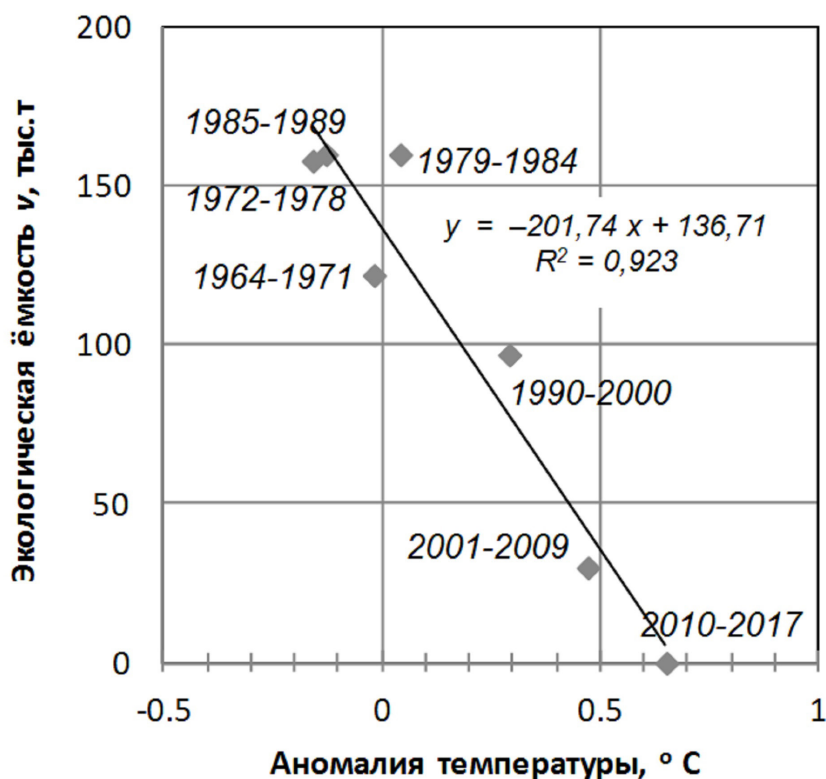


Рис. 4. Зависимость параметра v уравнения (1) от средней летней аномалии температуры верхнего слоя промежуточных вод по циклам.

В каждом цикле межгодовых изменений ИЧП происходит переход от высокого запаса (что неблагоприятно для воспроизводства, очевидно, вследствие пищевой конкуренции между взрослыми рыбами и молодью, поскольку взрослые особи и молодь минтая потребляют в значительной степени сходный корм (Пуццина, 2005)), к низкому, близкому к экологической емкости биотопа для этого вида, которая зависит от температуры промежуточных вод. При приближении запаса к величине $1/\alpha$ происходит резкий рост ИЧП за счет появления одного—двух урожайных поколений. Через два—три года после их появления популяция переходит к новому циклу межгодовых изменений с другими параметрами экологической емкости, соответствующими новым условиям среды.

В годы с величиной запаса, близкой к уровню экологической емкости, численность формирующихся высокоурожайных поколений плохо описывается функцией $N = f(S - v)^{-b}$, так как модель становится слишком чувствительной к случайным флуктуациям запаса S . Как оказалось, в таких случаях успешность воспроизводства напрямую определяется условиями среды: показатели ИЧП урожайных поколений тем выше, чем ниже зимние температуры на поверхности Японского моря (рис. 5). Отмечена значимая корреляция ИЧП в эти годы с ТПМ как в северной части Японского моря, где обитает и нерестится приморский минтай, так и в южной его части, где изменения ТПМ происходят сходным образом, причем связь с ТПМ к югу от Полярного фронта теснее, что довольно трудно интерпретировать. Известно, что к югу от Полярного фронта зимой формируется промежуточная водная масса Японского моря, в которой обитает минтай, но значимой связи между численностью этих поколений непосредственно с изменениями температуры промежуточных вод нет. По-видимому, на успешность воспроизводства минтая в зал. Петра Великого все же влияют термические условия непосредственно в районе нерестилищ, где развивается основная масса икры и личинок, т. е. в восточной

части зал. Петра Великого (Нуждин, 1992). Механизмом такой связи могла бы быть терморегуляция сроков выклева личинок, обеспечивающая совпадение либо несовпадение этих сроков со сроками весеннего «цветения», которое в восточной части зал. Петра Великого наблюдается обычно в апреле (Зуенко, 2012), подобно тому, как это отмечено для родственного минтаю вида — наваги *Eleginus gracilis* (Зуенко и др., 2010). Но данные о ТПМ у берегов Приморья по ряду причин не отличаются большой точностью, сильно зашумлены, что, вероятно, занижает статистические оценки такой связи, в то время как данные для южной части моря имеют лучшее качество и потому обеспечивают лучшие статистические оценки.

Отрицательная связь ИЧП с зимними ТПМ, отмеченная лишь для высокоурожайных поколений, принципиально отличает приморскую популяцию минтая, обитающую на южной периферии ареала вида, от более многочисленных охотоморских и берингоморских популяций, для воспроизводства которых более благоприятны теплые зимы и весны (Булатов, 2014). Положительный эффект температуры среды на выживаемость рыб в период раннего онтогенеза обусловлен более быстрым, с меньшими энергопотерями прохождением стадий эмбрионального развития. Кроме того, это способствует лучшему выживанию личинок при переходе на внешнее питание. Но в Японском море, где видовое разнообразие nekтона выше, значимость конкурентных пищевых отношений для минтая возрастает и косвенная обратная зависимость успешности воспроизводства от температуры через механизм «совпадения—несовпадения» оказывается более значимой, чем прямая зависимость, обусловленная влиянием температуры на темпы онтогенеза.

Таким образом, лишь в течение одного—двух лет в каждом цикле межгодовых изменений ИЧП формируются урожайные поколения, численность которых зависит от зимних термических условий (чем холоднее зима, тем больше пополнение), а в остальные годы воспроизводство регулируется вну-

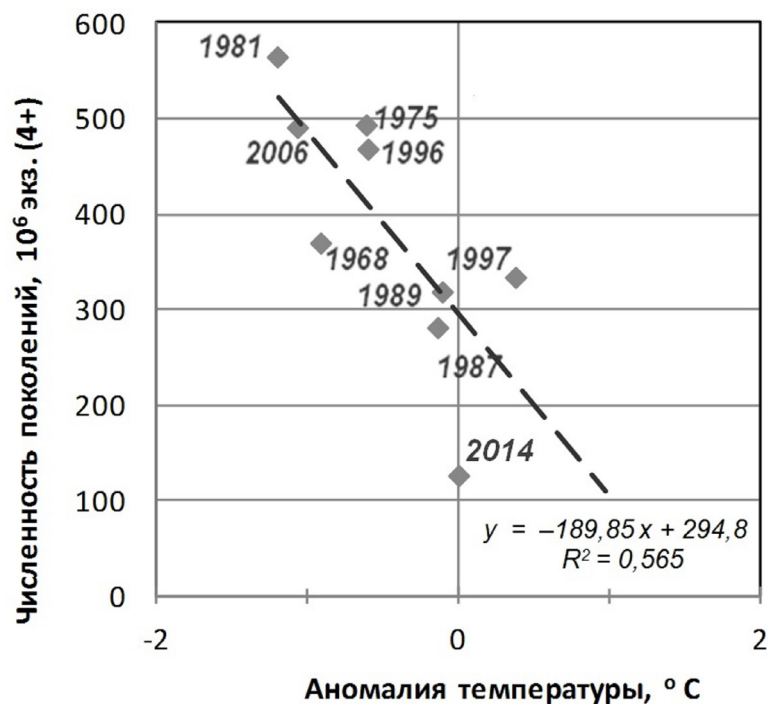


Рис. 5. Зависимость численности высокоурожайных поколений минтая от среднезимних (декабрь—февраль) аномалий температуры воды на поверхности южной части Японского моря.

трипопуляционными отношениями, и ИЧП определяется состоянием запаса (чем он выше, тем ниже численность пополнения). Длительность циклов определяется временем доминирования урожайных поколений, т. е. их масштаб задан продолжительностью жизни минтая, в среднем равной девяти годам. Однако практически длительность циклов очень изменчива и в исследованный период менялась от пяти (1985—1989 гг.) до 11 (1990—2000 гг.) лет. Как показывают наблюдения, длительность цикла не связана с какими-либо внешними факторами, просто каждый цикл заканчивается через несколько лет после появления урожайных поколений, а следующее высокочисленное поколение появляется тогда, когда предыдущее элиминирует настолько, что общий запас минтая приблизится к уровню, соответствующему экологической емкости. При высоком уровне емкости достаточная степень элиминации наступает быстро, а при низкой — за более длительный период. Поэтому в более холодных термических условиях (когда экологическая емкость биотопа для минтая выше)

циклы укорачиваются и урожайные поколения появляются чаще, как это наблюдалось в 1970—1980-е гг. В условиях современного потепления циклы удлиняются, и урожайные поколения появляются реже.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдаемые автоколебания в системе запас—пополнение, по-видимому, являются проявлением приспособления популяции минтая к биотопу с определенной экологической емкостью. Попытки моделирования межгодовых изменений ИЧП в зависимости от запаса при фиксированных значениях параметров уравнения (1) показали, что автоколебания сохраняются в течение не более двух—трех циклов, после чего популяция приходит к равновесному состоянию с запасом, соответствующим экологической емкости. Но на практике в период 1950—2000-х гг., характеризующийся резкими климатическими изменениями, стабилизации никогда не происходило, поскольку, пока популяция приспособлялась к какому-нибудь

уровню емкости биотопа, его параметры изменялись в соответствии с меняющимися условиями среды. Как можно видеть на рис. 5, последний цикл межгодовых изменений ИЧП 2010–2017 гг. происходил в условиях истощения экологической емкости биотопа для минтая. Поэтому, если потепление промежуточных вод Японского моря продолжится и далее, экологическая емкость уже не будет меняться, так как она не может быть меньше нуля. Это может привести к стабилизации запаса приморской популяции минтая на крайне низком уровне.

Прогноз изменений запаса приморского минтая. Выявленные закономерности формирования численности поколений приморского минтая вполне позволяют прогнозировать динамику величины его запаса на несколько лет вперед на основе простой популяционной модели:

$$S_i = \sum_{j=0}^{10} [w \cdot N_{i+j-4} \cdot (1-m)^j], \quad (2)$$

представляющей запас в год i как сумму биомасс возрастной группы 4+ (соответствующей ИЧП с учетом индивидуального веса w , принятого постоянным) и более старшевозрастных групп с учетом годовой смертности m , также принятой постоянной. Модель настроена по данным о реальном соотношении величины запаса и суммы численности родительских поколений за 1976–2015 гг. (коэффициент детерминации модели $R^2 = 0,75$ при $w = 0,36$ кг/экз. и $m = 0,4$). По результатам моделирования, высокочисленное поколение 2006 г., доминировавшее в популяции в конце 2000-х—начале 2010-х гг., к 2014 г. практически уже элиминировало, поэтому в 2014–2015 гг. должны были появиться новые урожайные поколения. Более благоприятным для формирования высокочисленного поколения был 2014 г. с относительно холодной зимой (среднезимняя аномалия ТПМ составила 0°C) и положительными аномалиями ТПМ в весенний период, что могло обеспечить рост ИЧП до 290 млн экз. Фактически, судя по количе-

ству молоди этого поколения, отмеченного в учетных съемках 2015 и 2016 гг., его численность в возрасте 4+ составит не менее 126 млн экз. Со вступлением этого поколения в запас, ориентировочно в 2018 г., начнется новый цикл межгодовых изменений ИЧП. Пока нет оснований ожидать, что термические условия нового цикла будут отличаться от предыдущего в сторону похолодания, скорее, наоборот, потепление продолжится. Во всяком случае, в 2018–2020 гг. аномалия среднегодовой температуры верхнего слоя промежуточных вод у склона зал. Петра Великого, учитывая известную ее связь с ТПМ в районе формирования в предшествующие зимы (Zuenko et al., 2010), ожидается не менее $+0,4^\circ\text{C}$. В таких условиях экологическая емкость биотопа приморского минтая v не восстановится и будет стабильно низкой (<50 тыс. т), а при аномалии свыше $+0,7^\circ\text{C}$ — нулевой, что со временем приведет к затуханию автоколебаний в системе запас—пополнение на стабильно низком уровне и запаса, и пополнения.

В ближайшие годы за счет урожайного поколения 2014 г. запас приморского минтая естественно увеличится, достигнув примерно в 2018–2019 гг. максимума (свыше 100 тыс. т), а затем по мере его элиминации начнет снижаться (рис. 6). В начале следующего десятилетия запас будет значительно превышать экологическую емкость биотопа для минтая, поэтому следует ожидать, что пополнение будет очень слабым. Возможность для появления новых урожайных поколений может возникнуть только в середине следующего десятилетия, после снижения запаса до уровня ниже 80 тыс. т. Однако, если потепление вод Японского моря продолжится и экологическая емкость биотопа для минтая останется близкой к нулю, даже этот уровень будет недостаточно низким для успешного выживания молоди. Без кардинального изменения условий среды в сторону похолодания весьма вероятно, что урожайное поколение 2014 г. может оказаться последним в современной истории приморской популяции минтая.

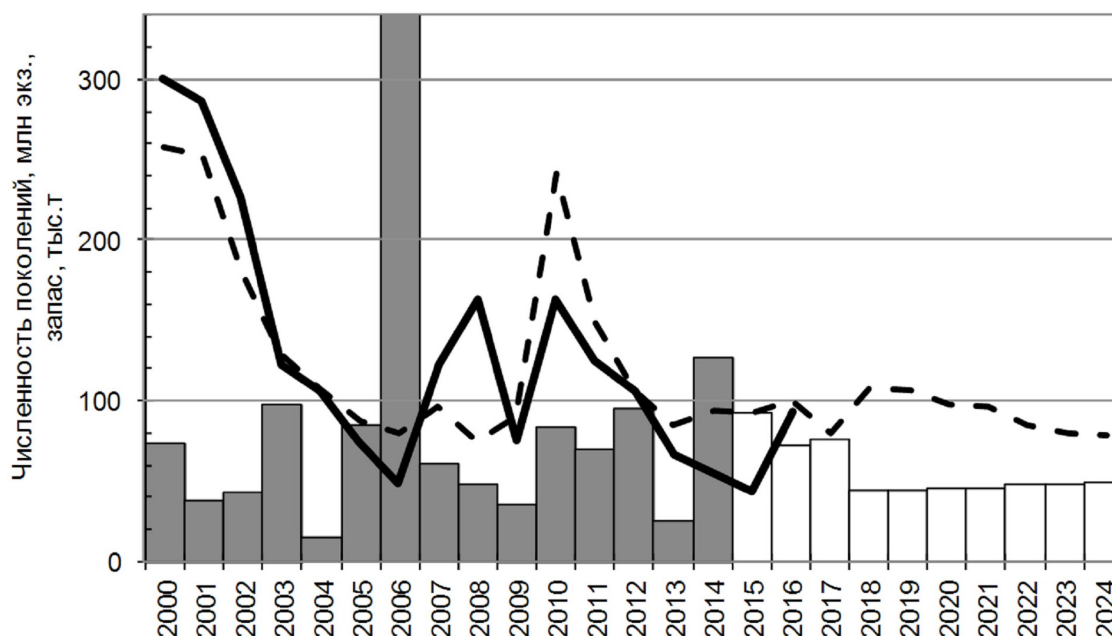


Рис. 6. Изменения индекса численности поколений (■) (фактические данные до 2014 г., далее — прогноз) и запасов приморского минтая в последние годы: (—) — фактического, (---) — определенного с помощью моделирования по уравнению (2).

ВЫВОДЫ

1. Приморская популяция минтая в последние десятилетия обитает в условиях превышения экологической емкости биотопа для этого вида, что обуславливает стабильно отрицательную зависимость между нерестовым запасом и пополнением.

2. Экологическая емкость биотопа для приморского минтая и связанный с ней репродуктивный потенциал этой популяции меняются в зависимости от условий среды, а именно от температуры верхнего слоя промежуточных вод: чем ниже температура, тем больше емкость и потенциал. Механизм этой связи пока неясен, но предположительно связан с перестройкой экосистемы в целом.

3. При приспособлении популяции минтая к меняющейся экологической емкости в системе запас—пополнение возникают циклические изменения, противофазные для этих двух показателей, с длительностью циклов 5—11 лет. В каждом цикле однажды в годы с минимальным запасом формируется одно—два урожайных поколения, после чего негативное влияние высокого запаса на воспроизводство

возобновляется. Частота появления урожайных поколений возрастает при большой емкости биотопа и уменьшается при ее снижении.

4. Численность урожайных поколений зависит от термических условий в преднерестовый период: чем суровее зима, тем выше численность. Возможные механизмы этой связи требуют проверки по данным о сроках нереста.

5. Термические условия Японского моря в последние десятилетия и в обозримом будущем характеризуются повышенными температурами во всех районах и слоях, что обуславливает низкую экологическую емкость биотопа для минтая и, следовательно, неблагоприятно для его воспроизводства.

6. В следующем цикле, начинающемся в 2018 г., после кратковременного подъема в 2018—2019 гг. за счет урожайного поколения 2014 г. ожидается очередное снижение запаса приморского минтая, а в 2020-х гг. возможно затухание флуктуаций запаса на низком уровне, вызванное стабилизацией условий среды в неблагоприятном для минтая состоянии.

Восстановление запаса приморской популяции минтая до уровня 1970–1980 гг. в сложившихся экологических условиях не возможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Булатов О.А. Вопросы прогнозирования ОДУ и промысел минтая Берингова моря // Тр. ВНИРО. 2006. Т. 146. С. 37–58.

Булатов О.А. Промысел и запасы минтая *Theragra chalcogramma*: возможна ли «турбулентия»? // Вопр. рыболовства. 2014. Т. 15. № 4. С. 350–390.

Вдовин А.Н., Четырбоцкий А.Н., Нуждин В.А. Динамика численности приморского минтая *Theragra chalcogramma* Pallas, 1811 (Gadidae, Gadoformes) (Японское море) // Биология моря. 2017. Т. 43. № 5. С. 321–328.

Заринов Ш.Х. Дискретные модели популяций. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2008. 36 с.

Зуенко Ю.И. Сроки «цветения» в заливе Петра Великого (Японское море) //

Вопр. промысл. океанологии. 2012. Вып. 9. № 1. С. 153–170.

Зуенко Ю.И., Черноиванова Л.А., Вдовин А.Н., Устинова Е.И. Влияние изменений климата на воспроизводство наваги *Eleginus gracilis* в заливе Петра Великого (Японское море) // Там же. 2010. Вып. 7. № 1. С. 132–144.

Нуждин В.А. Минтай северо-западной части Японского моря — особенности биологии, размножения, промысел // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 123. С. 53–73.

Пущина О.И. Питание и пищевые взаимоотношения массовых видов донных рыб в водах Приморья в весенний период // Там же. 2005. Т. 142. С. 246–269.

Фадеев Н.С., Веспестад В. Обзор промысла минтая // Там же. 2001. Т. 128. С. 75–91.

Ricker W.E. Stock and recruitment // J. Fish. Res. Educ. Canada. 1954. V. 11. P. 559–623.

Zuenko Y.I., Dolganova N.T., Nadochuy V.V. Forecasting of climate change influence on zooplankton in the Japan Sea // Pacific Oceanogr. 2010. V. 5 № 1. P. 6–18.

IMPACT OF MODERN CHANGES OF OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN THE SEA OF JAPAN ON STATE OF THE PRIMORYE POLLOCK POPULATION

© 2018 y. Yu.I. Zuenko, V.A. Nuzhdin

Pacific Fisheries Research Center, Vladivostok, 690091

Year-to-year dynamics of recruitment is considered for the Primorye population of walleye pollock (northwestern Japan Sea, with the main spawning ground in Peter the Great Bay) on the data of bottom trawl surveys. It has a negative tendency and 5–11-years cyclic fluctuations reasoned by negative relationship between the recruitment and stock because of overloading the carrying capacity of the biotope for the species. This relationship is approximated by nonlinear function with the parameter, of carrying capacity that is negatively depended on water temperature in the pollock habitat (Intermediate water mass). Besides, the abundance of 1–2 strong year-classes, which form once in a cycle in conditions of the minimal stock, depends directly on winter SST, negatively as well. Frequency of these strong year-classes appearance also depends on carrying capacity: the larger the capacity — the shorter the cycles and more frequent the blooms. Modern environmental changes distinguished by warming of all layers in the Japan Sea, in particular in the intermediate layer, are unfavorable for the pollock reproduction because of the carrying capacity decreasing. On the base of these regularities, using a simple population model, the pollock stock changes in the next decade are forecasted: the stock growth is expected until 2019 when it will exceed 100,000 t, then it will go down below 80,000 t in the middle of 2020s, and possibly will not restore again if warming of the Intermediate water will continue.

Keywords: walleye pollock, year-class strength, carrying capacity, climate warming, Japan Sea.