

ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ

УДК 597.562.574.34

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ СЕЛЬДИ И ТРЕСКИ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА. ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

© 2011 г. Л.Б. Кляшторин¹, В.М. Борисов¹, А.А. Любушин²

¹ - Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного
хозяйства и океанографии, Москва 107140

² - Институт физики Земли РАН, Москва 123810

Поступила в редакцию 28.10.2009 г.

Окончательный вариант получен 05.04.2010 г.

Долгопериодная динамика пополнений стада сельди следует динамике температур воздуха Арктического региона и 200-м слоя по Кольскому меридиану. Динамика пополнений стада трески «запаздывает» относительно хода климатических индексов на 8-10 лет. Можно предполагать, что в следующем десятилетии запасы сельди будут иметь тенденцию к снижению, а запасы трески к возрастанию.

Ключевые слова: климат Арктики, треска-климат, сельдь-климат, климат-периодичность.

ВВЕДЕНИЕ

Популяции Атлантической весенне-нерестующей сельди (*Clupea harengus harengus*) и Северо-Восточной трески (*Gadus morhua morhua*) формируют основу промысловых запасов и уловов в морях Западной Арктики. Состояние запасов сельди и трески – постоянная тема дискуссий специалистов разных стран, оценивающих роль промысла и природных условий в динамике подъемов и падений популяций главных промысловых рыб Северной Атлантики (Борисов и др., 2006; Toresen, Ostvedt, 2000; Godo, 2003). Понимание динамики долгопериодных флуктуаций численности сельди и трески в Арктическом регионе критически важно для экологически безопасного промысла и регулирования рыболовства, в особенности для России и Норвегии.

Представления о связи циклических изменений климата и промысловых популяций позволяют усовершенствовать режим эксплуатации запасов, показывая в какой фазе долгопериодного цикла – на спаде или подъеме численности находится промысловая популяция. Этот подход повышает обоснованность решений об инвестировании средств в многолетние проекты, как например, строительство добывающего флота или предприятий рыбообработки.

Цель этой работы установить возможность использования данных о циклической изменчивости климата Арктики для выявления долгопериодных трендов динамики запасов основных промысловых рыб Северо-Восточной Атлантики – сельди и трески.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные по динамике пополнений стад сельди и трески 3-х-летками по статистике ICES (Anonymous, 2002, 2008), монографии М.В. Бондаренко с соавторами, 2003 г. и аналитических статей (Høyen, 2002; Toresen, Ostvedt, 2000). Данные по динамике Глобальной температуры (Глобальной dT) за последние 157 лет получены с сайта климатического Хэдли Центра (Hadley Centre: metoffice.gov.uk/hadobs). 100-летний ряд динамики температуры воздуха

Арктики (Арктической dT) любезно предоставлен Институтом Арктики и Антарктики Росгидромета в Санкт-Петербурге (Фролов и др., 2007), а также Международным центром исследований Арктики (IARC, Fairbanks, Alaska; <http://research.iarc.edu>), (Polyakov, 2008). Временной ряд средней температуры 200-метрового слоя по «Кольскому меридиану» взят из работ (Бочков, 2006; Yndestad, 2002) и с сайта Полярного института рыбного хозяйства и океанографии: <http://www.pinro.ru/labs>.

Межгодовые значения 100-летних температурных рядов достаточно вариabельны и для выявления многолетних трендов использовали принятые в современной статистике методы сглаживания (Хардле, 1993). Расчет коэффициентов корреляции между динамикой пополнений и ходом климатических индексов проводили через вычисление квадратов модулей спектров когерентности временных рядов данных. Для оценки применен классический метод усреднения периодограмм и кросс-периодограмм (Brillinger, 1975; Bendat, Piersol, 1986; Любушин, 2007).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенности хода климатических изменений в Арктике

Термин «климат» определяется как статистически осредненные за длительный период показатели погодных условий. Чтобы сгладить неизбежные межсезонные и межгодовые вариации период осреднения данных должен исчисляться десятилетиями. Всемирные метеорологические конференции в 1935 и 1957 гг. рекомендовали 20-30-летние периоды осреднения (Монин, Шишков, 2000). Наиболее широко используемый климатический индекс – средняя температура приземного слоя воздуха для Земли в целом : Глобальная dT. Однако, температурные изменения в крупных регионах могут существенно отличаться от общепланетарной.

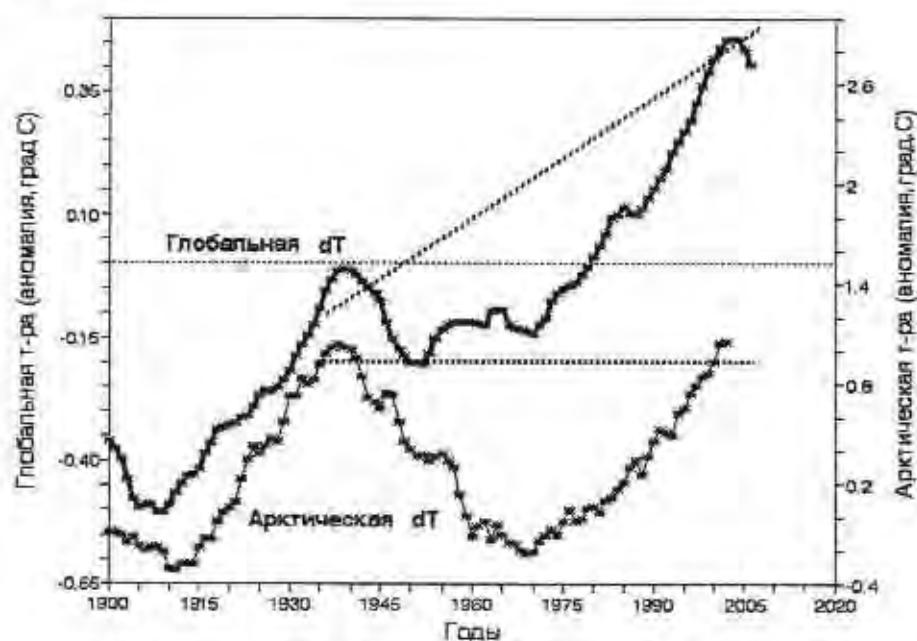


Рис. 1. Сравнительная динамика Глобальной и Арктической среднегодовой температуры за период 1900-2004 гг. (сглажено 13-летним скользящим осреднением). Пунктир – долгопериодный температурный линейный тренд.

Fig. 1. Comparative dynamics of Global and Arctic average annual temperature 1900-2004 (13-year smoothing). Dotted line – long-term linear temperature trend. (Time series are smoothed by 13-year moving averaging).

Столетний тренд Арктической dT широтного сегмента 70-85° с.ш., представленный на рисунке 1, рассчитан на основе данных двух наиболее компетентных научных учреждений, ведущих многолетние исследования в Арктике: Международного центра исследований Арктики (IARC) в Фэрбенксе и Института Арктики и Антарктики (ААНИИ) в Санкт-Петербурге.

Как видно из рисунка 1, в последние 100 лет Глобальная dT постоянно возрастала, испытывая на фоне линейного возрастающего тренда, флуктуации с максимумами около 1940-х и 2000-х годов и минимумами начала 1900-х и середины 1970-х годов. Арктическая dT в течение последних 100 лет совершает синхронные с Глобальной dT флуктуации, но, в отличие от нее, повышающийся вековой тренд в Арктике отсутствует, и максимум 2000-х годов не превышает температурного максимума прошлого периода «потепления Арктики», наблюдавшегося около 1940-х годов. Это существенно отличает динамику Арктической dT от векового хода Глобальной dT.

Институтом Арктики и Антарктики Росгидромета (ААНИИ) в Санкт-Петербурге недавно опубликована 3-х томная монография «Научные исследования в Арктике» (Фролов и др., 2007), где суммированы итоги 100-летних наблюдений за изменениями температуры воздуха, воды, а также ледовитости морей Ледовитого океана. Согласно выводам монографии динамика температуры и ледового покрова Арктического региона следует естественному 60-летнему циклу и в настоящее время проходит через максимум второго в этом веке климатического цикла. От минимума в начале прошлого века Арктическая dT возросла до максимума около 1940-х годов в первый период «потепления Арктики». В последующий период «похолодания» она достигла минимума 1970-х годов, после чего начался период нового «потепления», достигший максимума в начале 2000-х годов прошлого столетия. Обоснованный в монографии климатический прогноз ААНИИ сводится к нескольким основным пунктам:

1. Вековой ход температуры в Арктике демонстрирует приблизительно 60-летнюю цикличность.
2. В настоящее время Арктическая dT проходит через пик очередного «теплого» цикла и переходит в фазу снижения.
3. В следующее 20-летие 2010-2030-х гг. Арктическая dT будет снижаться, а ледовитость Арктических морей – возрастать.

В наибольшей мере нас интересует ход температуры водных масс Баренцева и Норвежского морей, где проходит жизненный цикл трески и сельди и сосредоточен их промысел. Наиболее широко используемый климатический показатель: средняя температура 200-метрового слоя по разрезу «Кольский меридиан», ряд наблюдений по которому поддерживается более 100 лет (Бойцов, 2006; Undestadt, 2002). Полный временной ряд средней температуры по «Кольскому меридиану» представлен на сайте ПИНРО <http://www.pinro.ru/labs>.

Сравнение векового хода Арктической dT и температуры по «Кольскому меридиану» (рис. 2) показывает, что долгопериодные изменения температуры водной массы и воздуха происходят почти синхронно, а их динамика практически совпадает: минимум в начале XX-го в., подъем 1920-1940-х годов, снижение до минимума в 1970-е годы и новый подъем с максимумом в 2000-х годах,

коэффициент корреляции $r=0,83$. Это позволяет использовать оба индекса для оценки связи изменений климата и динамики популяций сельди и трески в Арктике.

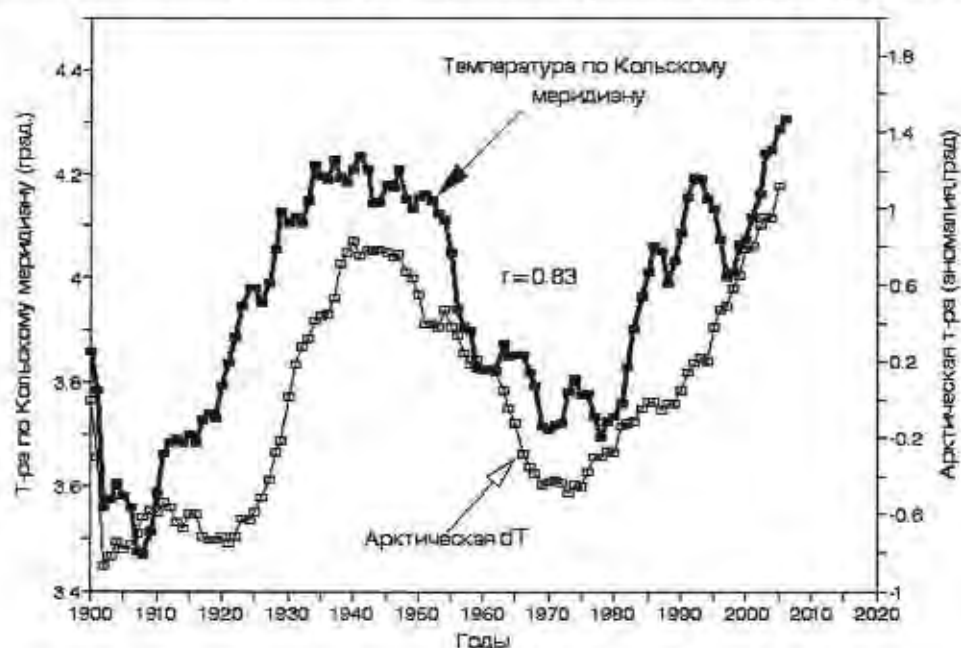


Рис. 2. Сравнительная динамика среднегодовой температуры Арктического региона и средней температуры 200-метрового слоя по Кольскому меридиану за период 1900-2004 гг. (сглажено 13-летним скользящим осреднением).

Fig. 2. Comparative dynamics of Arctic average annual temperature and Kola meridian Temperature 1900-2004 гг. (Temperature time series are smoothed by 13-year moving averaging).

Связь динамики пополнений стада сельди и климатических показателей

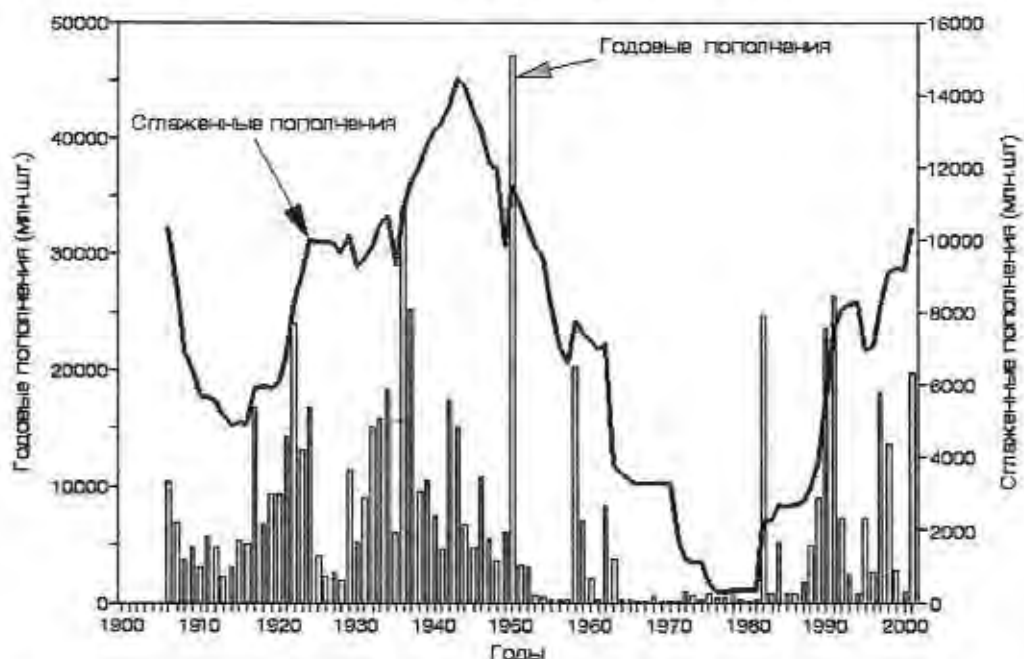


Рис. 3. Годовые пополнения стада сельди и сглаженная 13-летним скользящим осреднением кривая пополнений за период 1908-2004 гг.

Fig. 3. Annual number of herring recruits (bars) and the recruitment time series are smoothed by 13-year moving averaging (bold line) for the period 1908-2004 years.

Временной ряд статистики пополнений стада атлантическо-скандинавской сельди превышает 90 лет, что позволяет рассмотреть вопрос о связи динамики

колебаний ее численности с изменениями климата. Долгопериодные изменения стада сельди обусловлены динамикой численности 3-х-леток, прошедших период повышенной смертности и формирующих промысловое стадо. На рисунке 3 показана частота появления урожайных поколений сельди на протяжении почти 100 лет. Как видно из рисунка 3, частота появления высокочисленных поколений распределена во времени неравномерно. Так, на период «потепления Арктики» с 1910 по начало 1940-х годов приходится 23 урожайных годовых пополнений. В период снижения Арктической dT 1950-1970-х годов, число урожайных поколений снизилось до 3-х, а в период наиболее выраженного похолодания 1960-1970-х годов не было ни одного. Урожайные поколения вновь появились с началом нового подъема Арктической dT и их число возросло до 7 в период 1980-2000 гг. Численность пополнений очень сильно варьирует год от года. Причина этих вариаций – значительная межгодовая изменчивость природных условий влияющих на воспроизводство и выживаемость поколений. Для выявления долгопериодной динамики проведено сглаживание ряда исходных варьирующих данных с использованием метода скользящего осреднения. На сглаженной кривой пополнений виден волнообразный процесс изменений численности пополнений стада сельди с примерно 60-летним периодом: минимум в начале 1900-х, максимум в 1940-х годах, спад в 1970-х и новый подъем в период 1980-2000-х гг.

Сравнение сглаженных кривых Арктической dT и хода пополнений стада сельди демонстрирует неплохое соответствие динамики пополнений и температуры (рис. 4а) (коэффициент корреляции $r=0,74$). Несколько выше синхронность изменений климата и пополнений сельди при сравнении динамики пополнений и температуры по «Кольскому меридиану» (рис. 4б) (коэффициент корреляции $r=0,76$).

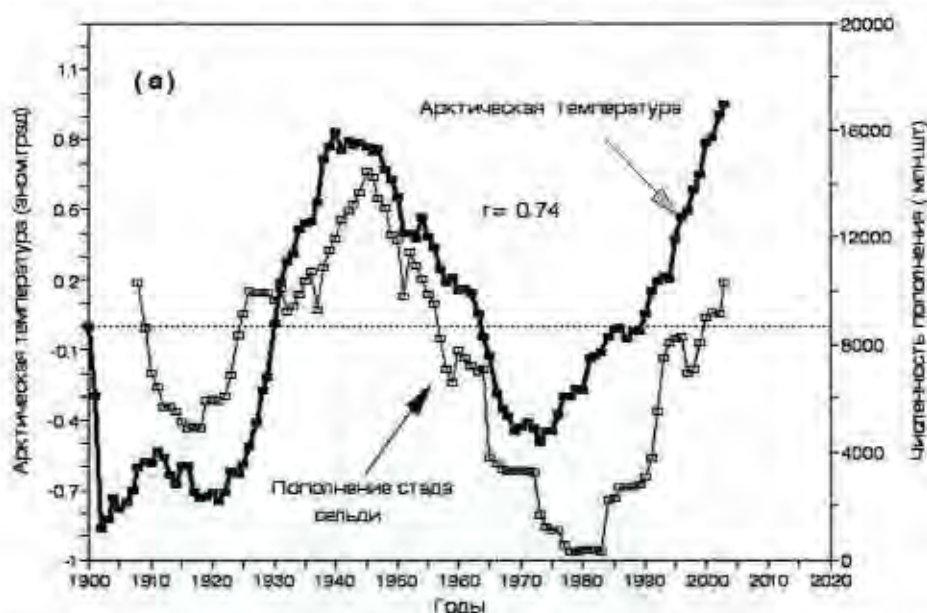


Рис. 4. Сравнительная динамика пополнений стада сельди и Арктической dT (а) и средней температуры 200-метрового слоя по Кольскому меридиану (б) за период 1908-2004 гг. (сглажено 13-летним скользящим осреднением).

Fig. 4. Comparative dynamics of herring recruitment (bold line) and Arctic dT (a) and average temperature in the 200-m water column along the Kola meridian (b) for the period of 1908-2004 (Time series are smoothed by 13-year moving averaging).

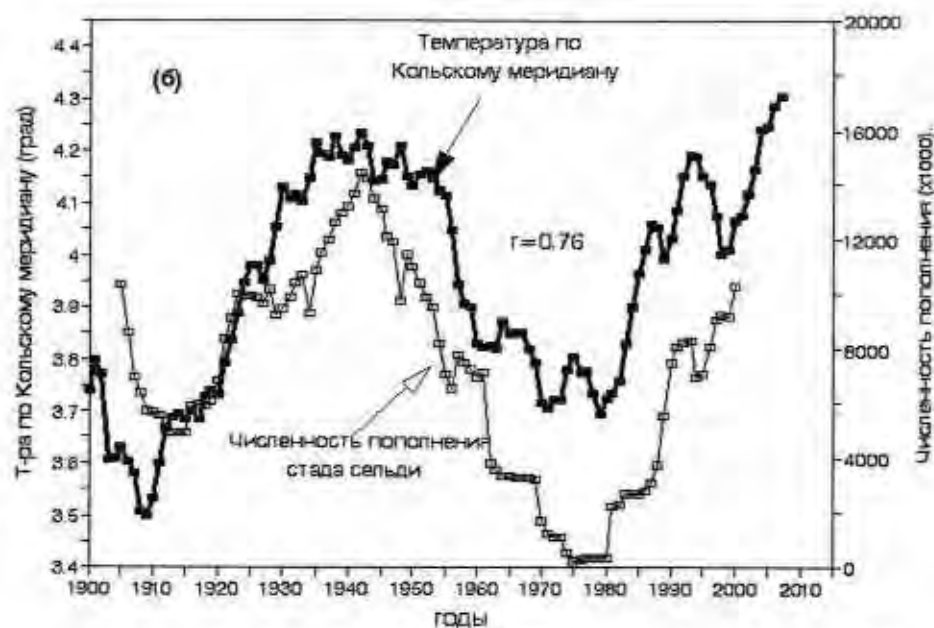


Рис. 4. Сравнительная динамика пополнений стада сельди и Арктической dT (а) и средней температуры 200-метрового слоя по Кольскому меридиану (б) за период 1908-2004 гг. (сглажено 13-летним скользящим осреднением).

Fig. 4. Comparative dynamics of herring recruitment (bold line) and Arctic dT (a) and average temperature in the 200-m water column along the Kola meridian (b) for the period of 1908-2004 (Time series are smoothed by 13-year moving averaging).

Таким образом, динамика пополнений стада сельди практически синхронно следует долгопериодной динамике климатических показателей Арктики. Это позволяет, зная будущий климатический тренд, прогнозировать динамику пополнений стада сельди.

Связь динамики пополнений стада трески и климатических показателей

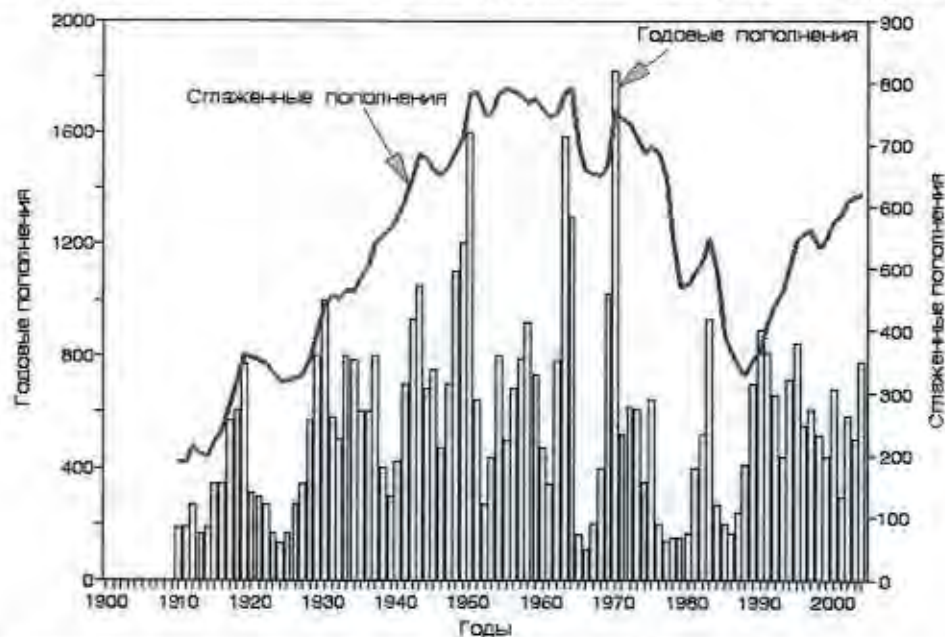


Рис. 5. Годовые пополнения стада трески и сглаженная 13-летним скользящим осреднением кривая пополнений за период 1910-2004 гг.

Fig. 5. Annual number of cod recruits (bars) and the recruitment time series are smoothed by 13-year moving averaging (bold line) for the period 1910-2004 years.

На рисунке 5 представлен временной ряд пополнений стада трески за почти 100-летний период. Можно видеть, что численность пополнений сильно варьирует год от года. Причина межгодовых вариаций – значительная межгодовая вариабельность природных условий, определяющих выживаемость икры и личинок на путях дрейфа. На сглаженной кривой пополнений виден постепенный подъем численности пополнений с 1910-х до 1940-х годов, широкий максимум 1950-1970-х, минимум 1980-х годов и новое увеличение частоты пополнений с начала 1990-х годов. Как согласуются ход климатических индексов и пополнений стада трески?

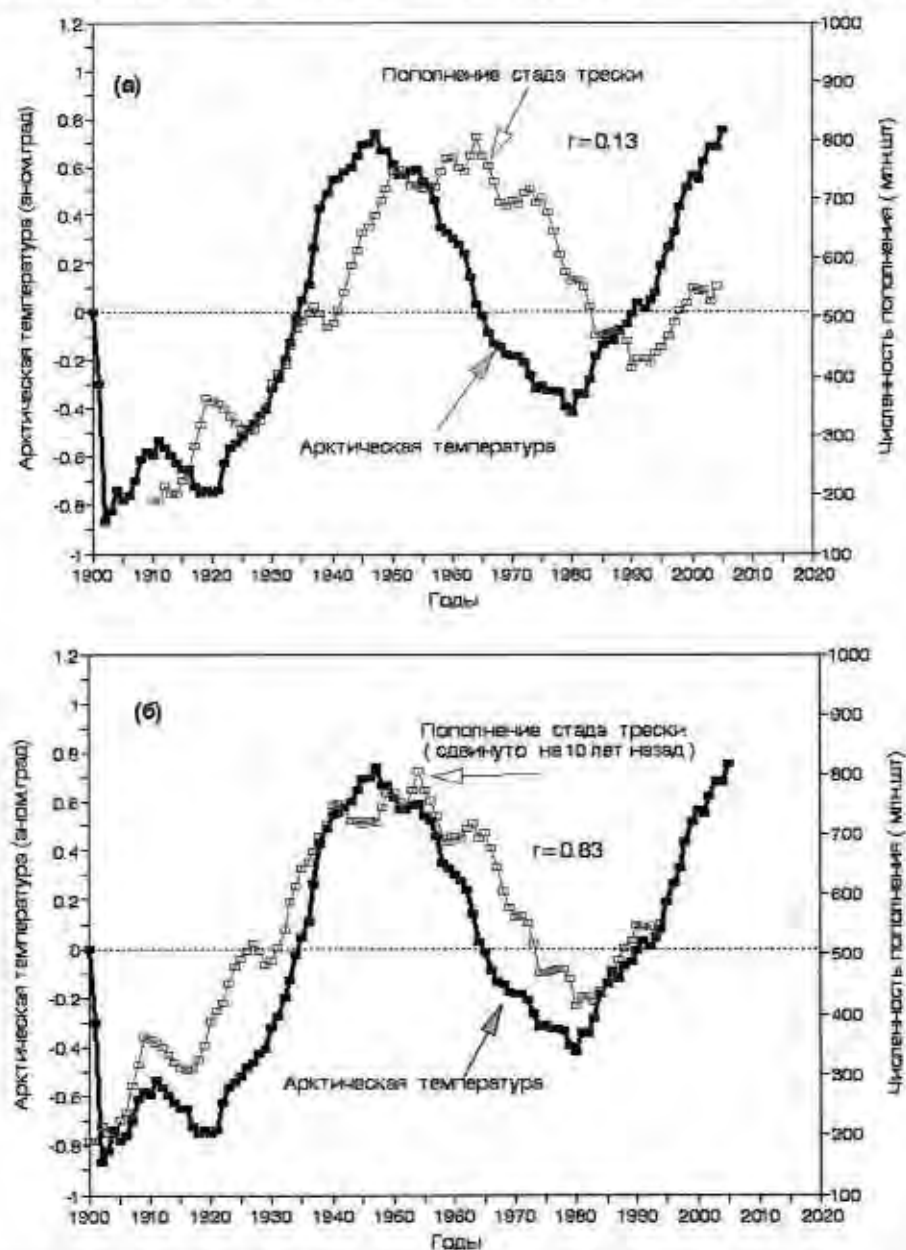


Рис. 6. Сравнительная динамика пополнений стада трески и Арктической dT (а); то же, но кривая пополнений сдвинута на 10 лет назад (б). Период 1910-2004 гг. (сглажено 13-летним скользящим осреднением).

Fig. 6. Comparative dynamics of the smoothed time series of cod recruitment and Arctic dT (a); the same dynamics with the curve for cod shifted back (left) by 10 years (b). Period 1910-2004 years (smoothed by the 13-year moving averaging).

Из рисунка 6а можно видеть, что ход пополнений трески соответствует динамике Арктической dT, но, в отличие от кривой пополнений сельди, «запаздывает» относительно хода температуры (коэффициент корреляции между показателями $r=0,13$). При сдвиге на 10 лет назад кривой пополнений трески (рис. 6б) она достаточно точно совпадает с кривой Арктической dT, а коэффициент корреляции возрастает с 0,13 до 0,83.

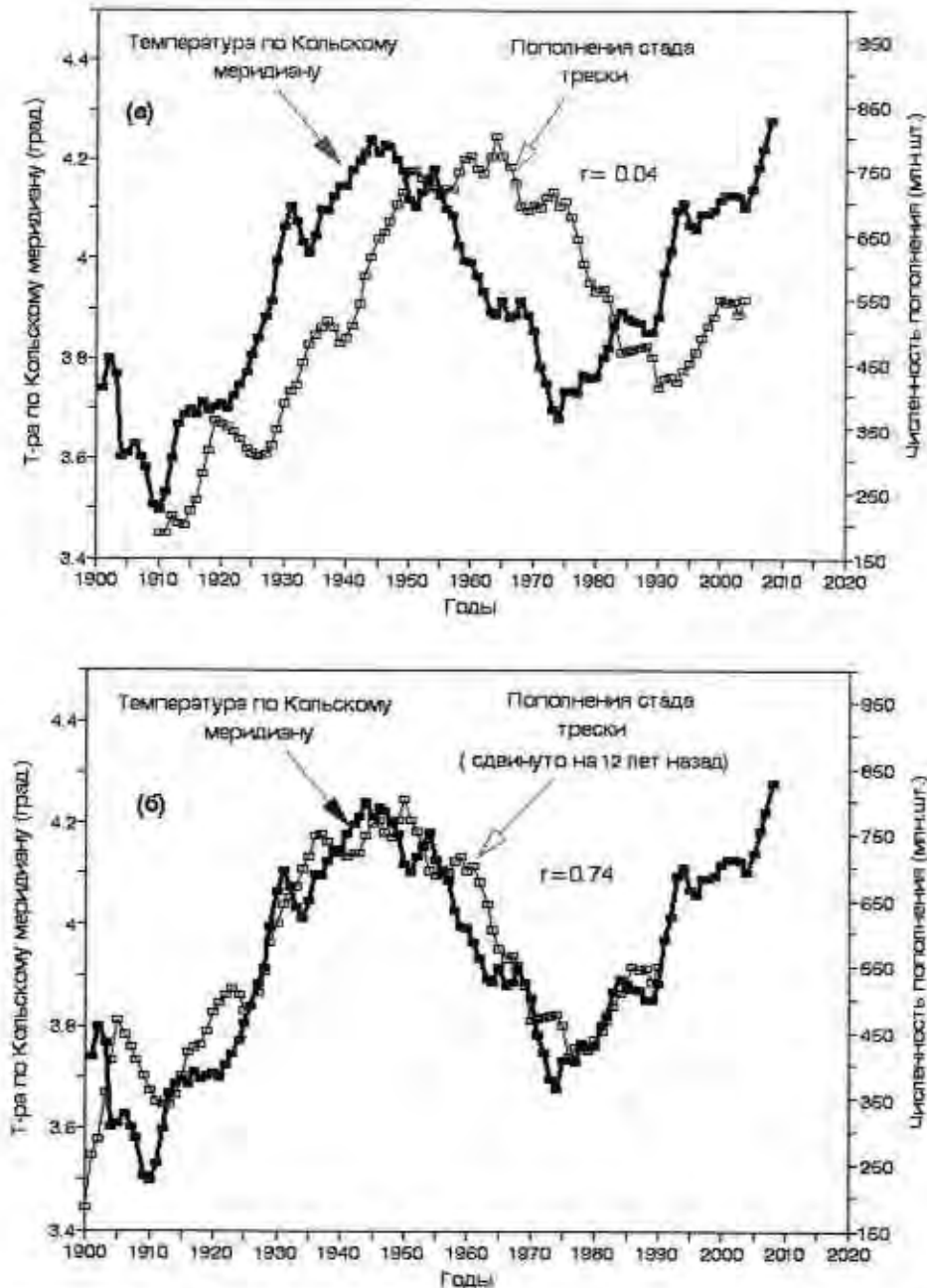


Рис. 7. Сравнительная динамика пополнений стада трески и средней температуры 200-метрового слоя по Кольскому меридиану (а); то же, но кривая пополнений сдвинута на 12 лет назад (б). Период 1910-2004 гг. (сглажено 13-летним скользящим осреднением).

Fig. 7. Comparative dynamics of cod recruitment and the Kola meridian temperature section 0-200 m water column temperature (a); the same dynamics with the curve for cod shifted back (left) by 12 years (b). Period 1910-2004 years (smoothed by the 13-year moving averaging).

Сравнение хода кривой пополнений трески с динамикой температуры (рис. 7а) по «Кольскому меридиану» показывает, что обе кривые имеют сходную

форму, но кривая пополнений существенно «запаздывает» относительно температурной кривой (коэффициент корреляции между кривыми $r=0,02$). Сдвиг кривой динамики пополнений стада трески (рис. 7б) на 12 лет назад приводит к почти полному ее совпадению с ходом температуры по «Кольскому меридиану» коэффициент корреляции при этом возрастает от 0,02 до 0,70.

Таким образом, динамика пополнений стада трески, отражает долгопериодный ход главных климатических показателей: Арктической dT и температуры 200-м слоя по «Кольскому меридиану», но, в отличие от динамики пополнений стада сельди, кривая пополнений стада трески повторяет ход климатических индексов Арктики с «запаздыванием» около 10-ти лет.

Близкое сходство хода климатических индексов Арктики и динамики пополнений сельди и трески показывает, что долгопериодные изменения численности пополнений тесно связаны с динамикой температурного режима Арктического региона (Арктической dT) и ходом температуры по «Кольскому меридиану».

ОБСУЖДЕНИЕ

Долгопериодные изменения численности пополнений (и как следствие промыслового запаса) определяются повторяемостью «удачных» или «неудачных» условий выживания икры, молоди и 3-х-леток. В «холодный», климатически неблагоприятный период повторяемость неблагоприятных условий выше и урожайные поколения появляются реже. В «теплый», климатически благоприятный период повторяемость «удачных» условий выше и урожайные поколения появляются чаще. Повторяемость появления «богатых» или «бедных» поколений в соответствии с климатической периодичностью формирует многолетний тренд – долгопериодную динамику пополнений.

Причины «запаздывания» динамики пополнений трески относительно хода климатических показателей не вполне ясны, но, возможно, связаны с выявленным недавно явлением смещения нерестовых ареалов трески в «теплые» климатические эпохи на север, а в «холодные» эпохи на юг Скандинавского полуострова вдоль побережья Норвегии. Смещение нерестилищ трески на север сопровождается увеличением, а смещение на юг уменьшением численности стада (Sundby, Nakken, 2008).

Помимо трески и сельди влияние долгопериодных изменений температуры отмечено для пикши (*Melanogrammus aeglefinus*) (Пономаренко, 1973; Ellertsen et al., 1989; Ottersen et al., 1994). Все 3 вида размножаются практически в одном и том же регионе. Личинки и молодь этих видов подвергаются воздействию общих климатических факторов, связанных с переносом тепла в Арктический регион из Атлантики. Между изменениями температуры и скоростью роста молоди всех трех видов существует достоверная положительная связь, которая прослеживается до 3-х-летнего возраста включительно (Ottersen, Loeng, 2000).

Повышение температуры вызывает двойной эффект: увеличивается продукция зоопланктона как пищи для личинок и создаются физиологические предпосылки для быстрого усвоения корма и ускорения роста. Это, в свою очередь, сокращает время прохождения ранних стадий развития личинок и молоди, когда смертность особенно высока, в результате чего выживаемость молоди существенно возрастает. Предполагается, что именно этот эффект – главная причина появления

урожайных поколений трески в Баренцевом море в так называемые «теплые годы» (Aksnes, Blindheim, 1996).

Изменения средней температуры верхнего 200-метрового слоя по «Кольскому меридиану», не отражает всего многообразия условий, складывающихся в Арктическом регионе. Температура не единственный показатель, определяющий появление урожайных или неурожайных поколений. Большое влияние на процесс формирования численности пополнения оказывает наличие высоких концентраций планктона, ветровая и волновая активность, а также совпадение или несовпадение по времени благоприятных условий внешней среды и появления новых генераций сельди или трески. Иначе говоря, при формировании численности поколений пелагических рыб Арктического региона определяющую роль играет механизм «совпадений-несовпадений» (match-mismatch) Кушинга (Cushing, 1982). В то же время, ряд благоприятных для пополнений стада факторов связан с термикой и динамикой вод региона: увеличением скорости восточной ветви Норвежского течения, сроками наступления биологической весны, повышением биомассы планктона, ускорением роста личинок и мальков, особенностями распределения молоди по акватории Баренцева моря.

Вопрос о влиянии условий среды на формирование поколений и численность стада трески Баренцева моря был рассмотрен в аналитической сводке И.Я. Пономаренко (1996). На основе анализа большого фактического материала было показано, что учет только температурных и гидрологических условий на ранних стадиях жизни рыб не дает возможности надежно прогнозировать урожайность поколения. Достоверные связи между показателями условий среды и урожайностью поколений трески в год их появления сохранялись лишь на относительно коротком отрезке времени. В так называемые «теплые» годы возрастают возможности для формирования урожайных поколений, но этот потенциал не всегда реализуется из-за годовых смен термического режима вод с «теплого» на «холодный». Если же потепление длится 2-3 года подряд, то это способствует появлению нескольких многочисленных поколений и росту численности популяции. Иначе говоря, вероятность формирования мощных пополнений промыслового стада значительно возрастает при более или менее устойчивом сохранении благоприятных климатических условий.

Численность пополнений стад сельди и трески сильно варьирует по годам. Это связано с тем, что межгодовые вариации Глобальной dT и Арктической dT довольно велики. Межгодовые вариации как региональной, так и Глобальной температуры практически непредсказуемы, отражая случайный (стохастический) характер тепловых и ветровых процессов в атмосфере. Сглаживание скользящим осреднением многолетних температурных рядов позволяет выделить относительно теплые периоды, когда повторяемость лет с положительными отклонениями температуры от среднемноголетней возрастает, или относительно холодные, когда увеличивается повторяемость отрицательных отклонений от средней. Довольно мощные пополнения могут появляться также и в холодные годы (Torensen, Ostvedt, 2000; Бондаренко и др., 2003), что указывает на значимость других (помимо температуры) океанографических факторов. Само по себе повышение температуры благоприятствует, но не гарантирует появления высокочисленного пополнения.

Вопрос о связи флуктуаций климата и численности главных промысловых популяций детально рассмотрен в монографии Л.Б. Кляшторина, А.А. Любушина, 2005 г. Долгопериодная цикличность климата и рыбопродуктивности выявлена на

основе применения ряда методов. Результаты спектрального анализа данных реконструкции климата последних 1 500 лет по гренландским ледовым кернам и кольцам роста долгоживущих Арктических деревьев указывают на доминирование 50-70-летней периодичности флуктуаций климата.

Применение метода спектрально-временного анализа показало, что повторяемость 50-70-летней цикличности климата в течение последнего тысячелетия возрастала вплоть до конца XX в. Анализ динамики основных климатических показателей для последних 140 лет инструментальных измерений, показывает доминирование 60-70-летней цикличности флуктуаций Глобальной dT и Арктической dT. Эта периодичность, с большой вероятностью, сохранится на максимальном уровне, по меньшей мере, в течение XXI в. (Кляшторин, Любушин, 2005). Долгопериодный прогноз климатических изменений для Арктического региона и для морей Западной Арктики подтверждает эти представления (Фролов и др., 2007).

В недавно опубликованной работе (Sundby, Nakken, 2008) предполагается, что численность стада Северо-Восточной трески в последующие 50 лет будет нарастать, а ее нерестилища будут смещаться еще далее на восток. Это мнение основано на предположении авторов, что в ближайшие годы температура воздуха в Арктике будет непрерывно повышаться, и треска будет мигрировать далее в Северную и Восточную часть Баренцева моря, осваивая открывающийся в результате потепления нагульный ареал.

Однако, последний климатический прогноз Института Арктики и Антарктики РФ (ААНИИ) на ближайшие 20 лет по результатам анализа 100-летних наблюдений в арктическом регионе показывает, что очередной 60-летний цикл «потепления Арктики» заканчивается, и температура Арктического региона в ближайшие десятилетия будет постепенно снижаться, а ледовитость арктических морей возрастать. Базируясь на климатическом прогнозе ААНИИ, можно предполагать, что при дальнейшем снижении температуры Арктического бассейна нерестовый ареал трески будет постепенно смещаться на юго-запад Скандинавии.

Представления о циклическом характере изменений климата и синхронных изменениях численности массовых видов рыб дают возможность оценивать в вероятностной форме ход долгопериодных изменений популяций ряда промысловых видов на перспективу нескольких десятилетий

Заканчивая обсуждение результатов, следует напомнить, что «климатический» прогноз не дает оценку ежегодных колебаний промыслового запаса, но определяет его многолетний тренд, т.е. направление долгопериодных изменений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. «Климатический» прогноз не предсказывает ежегодных колебаний промыслового запаса, но показывает его многолетний ТРЕНД, т.е. НАПРАВЛЕНИЕ долгопериодных изменений.

2. Многолетняя динамика запасов сельди и трески тесно связана с климатической цикликой норвежско-баренцсвоморского региона.

3. Базируясь на представлениях о долгопериодной динамике главных климатических индексов Арктического региона, можно предполагать, что в

ближайшее десятилетие промысловые запасы сельди будут иметь тенденцию к снижению, а промысловые запасы трески к возрастанию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бойцов В.Д. Изменчивость температуры воды Баренцева моря и ее прогнозирование. Мурманск: ПИНРО, 2006. 292 с.

Бондаренко М.В., Кровнин А.С., Серебряков В.П. Ранжирование урожайности и коэффициентов выживания поколений в раннем онтогенезе промысловых рыб Баренцева моря. М.: ВНИРО, 2003. 187 с.

Борисов В.М., Елизаров А.А., Нестеров В.Д. Роль нерестового запаса в формировании пополнения северо-восточной атлантической трески // Вопросы ихтиологии. 2006. Т. 46. №1. С. 77-86.

Бриллинджер Д. Временные ряды. Обработка данных и теория. М.: Мир, 1980. 536 с.

Бочков Ю.А. Ретроспектива температуры воды в слое 0-200 м на разрезе «Кольский меридиан» в Баренцевом море (1900-1981) // Экология и промысел донных рыб Северо-Европейского бассейна: Тр. ПИНРО. 1982. С. 113-122.

Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М.: ВНИРО, 2005. 234 с.

Любушин А.А. Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. М.: Наука, 2007. 228 с.

Монин А.С., Шникова Ю.А. Климат как проблема физики // Успехи физических наук. 2000. Т. 170. №4. С. 419-445.

ПИНРО сайт: <http://www.pinro.ru/labs>

Пономаренко И.Я. Влияние кормовых и температурных условий на выживаемость донной молоди трески Баренцева моря // Тр. ПИНРО. 1973. Вып. 34. С. 210-222.

Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М. Научные исследования в Арктике. Том 2. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа. С-Пб.: «НАУКА» СПб, 2007. 136 с.

Хардле В. Прикладная непараметрическая регрессия. М.: Мир, 1993. 349 с.

Aksnes D.L., Blindheim J. Circulation patterns in the North Atlantic and possible impact of population dynamics of *Calanus finmarchicus* // *Ophelia*. 1996. V. 44. Pp. 7-28.

Anonymous Report of the Arctic Fisheries Working Group. ICES/2008. 185. Table 3.26N, Northeast Arctic cod. Summary Table/ Final VPA.

Anonymous Report of the Arctic Fisheries Working Group. ICES CM 2002/ACFM:19. 22 p.

Bendat J.S., Piersol A.G. Random Data. Analysis and Measurement Procedure. John Wiley & Sons, Inc. 1986 (Русский перевод: Дж. Бендат, А. Пирсол. Прикладной анализ случайных данных. М.: Мир, 1989. 540 с.).

Brillinger D.R. Time series. Data analysis and theory. Holt, Rinehart and Winston, Inc., N.Y., Chicago, San Francisco, 1975.

Cushing D.H. Climate and fisheries. U.K.: Academ. Press, 1982. 373 p.

Ellertsen B., Fossum P., Solemdal P., Sundby S. Relation between temperature and survival of eggs and first-feeding larvae of Northeast Arctic cod // *Rapp. et proc.-verb. reun. cons. int. explor. mer.* 1989. V. 191. Pp. 209-219.

Godo O.R. Fluctuation in stock properties of north-east Arctic cod related to long-term environmental changes // *Fish and Fisheries*. 2003. V. 4. Pp. 121-137.

Hadley Centre (www.metoffice.gov.uk/hadobs).

Hyllen A. Fluctuations in abundance of Northeast Arctic cod during 20-th century // ICES Mar. Sci. Symp. 2002. V. 215. Pp. 543-550.

Ottersen G., Loeng H. Covariability in early growth and year-class strength of Barents Sea cod, haddock and herring: the environmental link // ICES J. Mar. Sci. 2000, V. 2000. 57. Pp. 339-348.

Ottersen G., Loeng H., Raknes A. Influence of temperature variability on recruitment of cod in the Barents Sea // ICES Mar. Sci. Symp. 1994. V. 198. Pp. 471-481.

Polyakov I.V., Alexeev A.V., Belchansky G.I. et al. Arctic Ocean freshwater changes over the past 100 years and their causes // J. Climate. 2008. Pp. 364-384.

Sundby S., Nakken O. Spatial shift in spawning habitats of Arcto-Norwegian cod related to multidecadal climate oscillations and climate change // ICES J. Marine Science. 2008. V. 65. Pp. 953-962.

Toresen R., Ostvedt O.J. Variation in abundance of Norwegian spring-spawning herring throughout of 20-th century and the influence of climatic fluctuations // Fish and Fisheries. 2000. V. 1. Pp. 231-256.

Yndestad H. The code of long term fluctuations of Norwegian spring spawning herring. ICES Annual Sci. Conf., Copenhagen. CM 2002/Q:02. 2p.

CLIMATE CHANGES IMPACTS ON THE HERRING AND COD STOCKS DYNAMICS. THE POSSIBILITY OF FORECASTING

© 2011 y. L.B. Klyashtorin¹, V.M. Borisov¹, A.A. Lyubushin²

1 - Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow

2 - Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Science, Moscow

The long-term variations in herring stock recruitment follow precisely the Arctic air surface temperature and the average temperature in the 200 m layer along the Kola meridian. Dynamics of the cod stock recruitment changes lag behind the course of climate indices by 8-10 years. It can be proposed, the fishing stocks of herring in the next decade may be expected to show a downward and that of cod an upward trend.

Key words: Arctic climate, cod and climate, herring and climate, climate periodicity.