



КРУПНОМАСШТАБНЫЕ ФЛУКТУАЦИИ ЗАПАСОВ МОРСКИХ ПРОМЫСЛОВЫХ ОРГАНИЗМОВ

А.С. Кровнин, д-р биол. наук Н.В. Кловач, канд. биол. наук В.М. Борисов, канд. биол. наук М.В. Бондаренко, Г.П. Мурый – ВНИРО

В настоящее время не подлежит сомнению тот факт, что запасы основных промысловых популяций подвержены значительным колебаниям во времени, период которых охватывает от нескольких лет до нескольких столетий. Причины этих колебаний следует искать прежде всего в изменениях условий среды обитания, вызванных изменениями климата.

В 1964 г. вышла в свет книга Г.К. Ижевского, в которой он, пожалуй, впервые в мире поставил проблему системности (крупномасштабности) тех изменений, которые мы наблюдаем в природе. Он высказал гипотезу о существовании в океане так называемых природных систем, каждой из которых присуща однонаправленность в развитии как физических, так и биологических процессов. В частности, опираясь на разрозненные данные, Г.К. Ижевский выделил в Северной Атлантике две системы: Атлантическую и Гренландско-Североамериканскую, обладающие противоположным ходом в изменениях природных процессов. Накопленные к настоящему времени данные позволили проверить гипотезу Г.К. Ижевского.

На основании данных за 1957 – 2001 гг. по температуре поверхности океана (ТПО), которую справедливо рассматривают в качестве индикатора климатической изменчивости, с помощью метода иерархического кластерного анализа было проведено районирование северных частей Атлантического и Тихого океанов и прилегающих морей, где в настоящее время Россия ведет основной промысел. Было выделено шесть районов в Северной Атлантике и пять – в Северной Пацифике, причем в пределах каждого района изменения аномалий ТПО когерентны во времени.

Отмеченные выше результаты подтверждают гипотезу Г.К. Ижевского с физической точки зрения, хотя пространственная структура колебаний аномалий ТПО, прежде всего в Северной Атлантике, оказалась сложнее, чем он предполагал: их изменения на северо-востоке и юго-западе океана противоположны таковым в его северо-западной и юго-восточной частях. Этим, как будет показано ниже, объясняются однонаправленность или противоположность в изменчивости промысловых запасов Северной Атлантики. Указанная «четырёхполюсная» структура в значительной степени определяется так называемым Северо-Атлантическим колебанием, представляющим собой разность приземного давления между двумя основными центрами действия атмосферы в Северной Атлантике (Исландским минимумом и Азорским максимумом). При углублении Исландского минимума и усилении Азорского максимума наблюдаются рост поверхностной температуры воды в Северо-Восточной Атлантике и ее понижение на северо-западе океана. Такая ситуация благоприятна для северо-восточноатлантических запасов (аркто-норвежская треска, норвежская сельдь) и неблагоприятна для большинства стад трески С3А.

В Северной Пацифике выявлены два независимых пространственных режима многолетних флуктуаций АТПО: колебания аномалий между его центральной и восточной частями, а также между северо-западным и юго-западным районами происходят в противофазе, что объясняется особенностями развития крупномасштабных атмосферных процессов над Северо-Тихоокеанским регионом.

Интересно отметить наличие значимых статистических связей в многолетних изменениях АТПО между отдельными районами Северной Атлантики и северной части Тихого океана. Так, вариации аномалий поверхностной температуры воды в северо-западных частях океанов характеризуются значимым отрицательным коэффициентом корреляции $r = -0,69$ (рис. 1). Напротив, флуктуации АТПО в Северо-Восточной Атлантике и южной части Северной Пацифики, а также в восточном районе Северной Пацифики и центральной части Северной Атлантики однонаправлены (соответственно $r = 0,73$ и $0,65$). Все указанные связи обусловлены особенностями проявления различных ветвей дальних связей в атмосфере Северного полушария.

Для анализа многолетних колебаний запасов ключевых объектов промысла использованы данные по 34 промысловым популяциям Северной Атлантики (треска, пикша, сельдь, морской язык, сайда, палтус) и 13 стадам северо-западной части Тихого океана (минтай, горбуша, кета, нерка). Для всех популяций, за исключением лососевых, были рассчитаны коэффициенты выживаемости пополнения как логарифм отношения пополнения к биомассе нерестового запаса. Для лососевых использовались данные по уловам. Анализ данных свидетельствует о наличии четко выраженной однонаправленности или противоположности в многолетних колебаниях характеристик состояния различных промысловых популяций как в пределах одного океана, так и между океанами (рис. 2, 3). Такая синхронность хорошо объясняется с точки зрения выявленной пространственной структуры климатических изменений, подтверждая отмеченную выше гипотезу Г.К. Ижевского о существовании в океане природных систем с однонаправленным развитием физических и биологических процессов.

Флуктуации запасов основных промысловых объектов во времени характеризуются наличием периодов с различным уровнем колебаний продолжительностью 7–10 лет. Смена периодов хорошо интерпретируется на основе представления о так называемых «климатических режимах», или, как их еще называют, декадных (десятилетних) колебаниях. Для выявления таких режимов чрезвычайно полезен метод главных компонент, который позволяет выявить общие моды временной изменчивости для большого числа временных рядов, в том числе и разнородных по своей природе. Это особенно важно при изучении крупномасштабных флуктуаций.

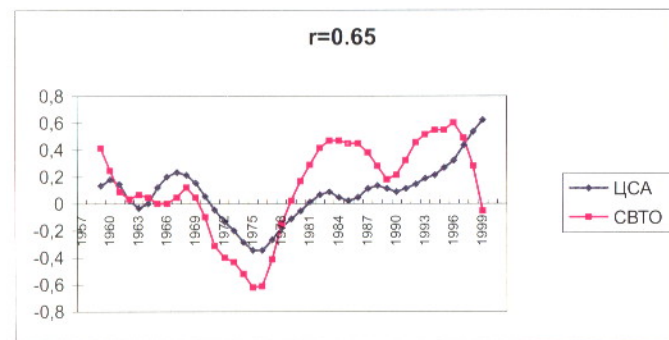
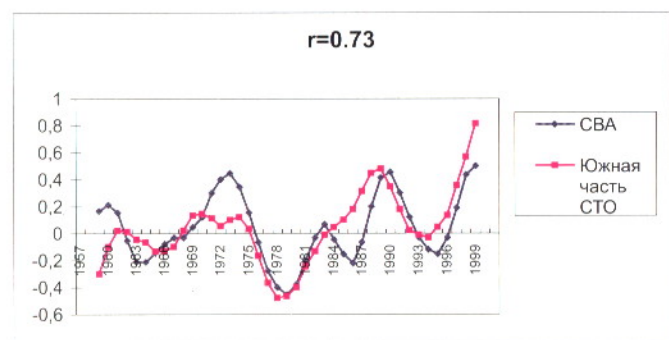
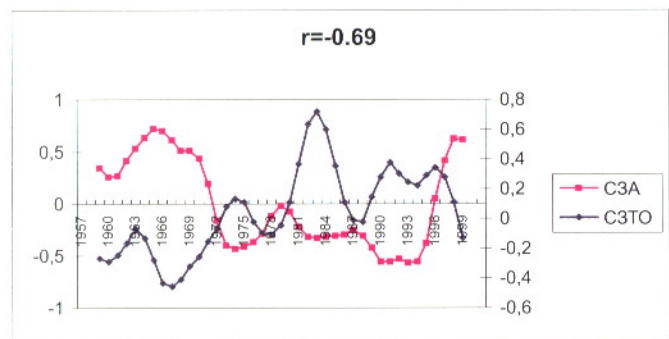


Рис. 1. Пятилетние скользящие средние значения зимних аномалий ТПО в различных районах Северной Атлантики и Северной Пацифики

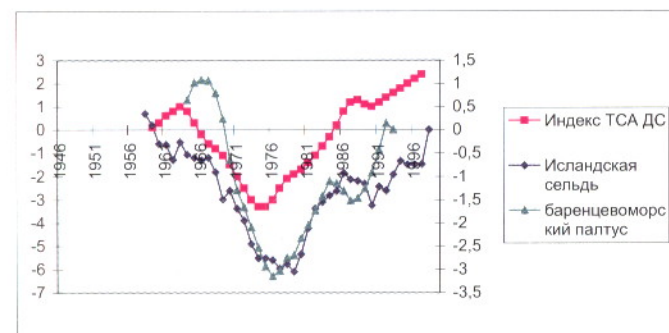


Рис. 2. Интегральные кривые аномалий коэффициентов выживаемости пополнения исландской сельди и баренцевоморского палтуса и индекса тихоокеанско-североамериканской дальней связи

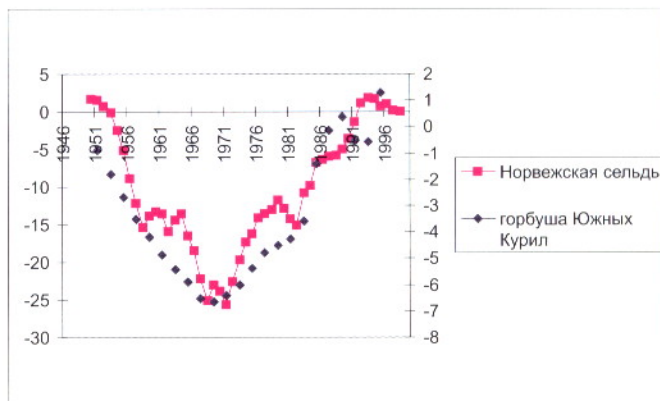


Рис. 3. Интегральные кривые аномалий коэффициента выживаемости пополнения норвежской сельди и горбуши Южных Курильских островов

Мы использовали указанный метод для анализа 75 временных рядов, которые характеризуют изменчивость основных промысловых ресурсов России, и тех климатических характеристик, которые сейчас приняты в качестве показателей изменения климата Северного полушария. Первые четыре главные компоненты (ГК) объясняют примерно 50 % общей изменчивости. В таблице представлены коэффициенты корреляции между каждым из 75 рядов и соответствующей главной компонентой. Как видно из таблицы, для первой ГК, связанной с североатлантическим колебанием, существует хорошая взаимосвязь между многими североатлантическими стадами и запасами промысловых объектов, определяющими промысел в СЗТО. В частности, отметим возможную противофазность в колебаниях камчатских стад горбуши и минтая. Со второй главной компонентой, обусловленной известной тихоокеанско-североамериканской дальней связью, например, связаны флуктуации восточнокамчатской и анадырской кеты. Подобные примеры можно привести для всех четырех ГК. Объяснение полученных результатов, на наш взгляд, может стать основным предметом исследований океанологов и биологов в ближайшей перспективе.

На рис. 4 приведены временные диаграммы первых четырех ГК используемых в работе 75 рядов биологических и физических



Коэффициенты корреляции
между четырьмя первыми ГК 75 физических и биологических временных рядов
в Северном полушарии и каждым из рядов

Временные ряды	ГК 1 20,3%	ГК 2 13,9%	ГК 3 8,1%	ГК 4 7,2%
Индекс западноатлантической ДС	0,44	-0,59	0,07	0,21
Индекс восточноатлантической ДС	-0,43	0,01	0,46	-0,12
Индекс Восточно-Атлантического струйного течения	-0,56	0,04	-0,05	-0,39
Индекс западнотихоокеанской ДС	-0,37	0,13	0,24	-0,09
Индекс восточнотихоокеанской ДС	0,47	0,29	0,54	0,34
Индекс северотихоокеанской ДС	-0,56	0,19	-0,11	-0,18
Индекс тихоокеанско-североамериканской ДС	-0,29	-0,62	0,02	0,04
Индекс ДС Восточная Атлантика – ЕТР	-0,48	0,06	-0,12	-0,04
Индекс скандинавской ДС	0,39	-0,07	0,16	-0,51
Индекс ДС тропики – средние широты Сев. Полушария	0,20	0,25	-0,04	-0,43
Индекс полярно-евразийской ДС	-0,38	0,47	-0,49	0,22
Индекс ДС Северо-Тихоокеанской переходной зоны	0,32	0,19	0,58	-0,14
Индекс субтропической зональной ДС	0,22	0,02	0,38	0,36
Индекс азиатской летней ДС	-0,46	-0,07	0,19	-0,25
Зимний индекс САК	-0,74	0,45	-0,14	0,31
Зимний индекс изменения давления в Северной Пацифике	0,19	0,69	-0,22	-0,15
Индекс декадных колебаний в Тихом океане	-0,37	-0,80	0,22	0,06
САК (Исландия)	0,48	-0,66	0,02	-0,26
САК (Гибралтар)	-0,71	0,32	0,07	0,44
Индекс ЭНЮК (Дарвин)	-0,62	-0,20	0,29	-0,07
Индекс ЭНЮК (Таити)	0,34	0,42	-0,10	0,17
Индекс ЭНЮК	0,54	0,34	-0,21	0,14
Индекс Арктического колебания	-0,55	0,63	-0,21	0,26
ТПО в районе а1 (Северная Атлантика)	-0,22	0,77	0,32	0,06
ТПО в районе а2 (Северная Атлантика)	-0,48	0,24	0,19	-0,01
ТПО в районе а3 (Северная Атлантика)	0,52	-0,26	0,28	-0,13
ТПО в районе а4 (Северная Атлантика)	-0,03	-0,46	0,14	-0,35
ТПО в районе а5 (Северная Атлантика)	-0,76	-0,24	0,20	-0,11
ТПО в районе а6 (Северная Атлантика)	-0,24	0,31	-0,18	0,46
ТПО в районе р1 (Северная Пацифика)	-0,75	-0,51	0,14	-0,13
ТПО в районе р2 (Северная Пацифика)	-0,10	0,79	-0,09	-0,19
ТПО в районе р3 (Северная Пацифика)	-0,48	0,04	0,06	0,37
ТПО в районе р4 (Северная Пацифика)	-0,43	0,38	0,11	-0,42
ТПО в районе р5 (Северная Пацифика)	-0,34	0,51	0,50	0,08
Тв (0–200 м) на Кольском разрезе	-0,43	0,50	0,03	0,08
Треска в районе 4X (НАФО)	0,28	0,14	-0,08	-0,43
Треска в районе 4VW (НАФО)	0,01	-0,05	-0,75	0,14
Треска в районе 7ek (ИКЕС)	-0,24	-0,43	-0,24	-0,26
Треска в районе 6a (ИКЕС)	-0,28	0,11	-0,18	-0,49
Треска в районе Фарер (ИКЕС)	-0,26	0,03	-0,38	-0,31
Треска в районе Исландии	-0,29	-0,20	-0,06	0,12
Треска в районе Ирландии	0,04	-0,31	-0,01	-0,52
Треска аркто-норвежская	-0,34	0,26	0,55	0,35
Треска в районах 3a+4+7d (ИКЕС)	-0,19	-0,41	-0,27	-0,23
Пикша в районе 4X (НАФО)	0,16	0,35	-0,62	0,02
Пикша в районе 4VW (НАФО)	0,48	-0,07	-0,52	0,38
Пикша в районе 6a (ИКЕС)	-0,28	0,11	-0,18	-0,49
Пикша в районе Фарер	-0,12	0,22	-0,10	0,38
Пикша аркто-норвежская	-0,56	0,37	0,44	0,13
Палтус Баренцева моря	-0,64	-0,32	-0,27	-0,03
Сельдь кельтская (ИКЕС)	-0,28	-0,59	-0,26	0,23
Сельдь в районе 6aS+7bc (ИКЕС)	0,19	-0,48	-0,32	0,44
Сельдь в районе Исландии	0,35	0,39	0,05	-0,14
Сельдь в районе Ирландии	0,58	-0,24	-0,56	0,11
Сельдь норвежская	-0,16	0,36	0,14	-0,16
Сельдь североморская	0,08	-0,59	-0,05	0,17
Сайда в районе 4+3a (ИКЕС)	-0,73	-0,25	0,18	-0,14
Сайда баренцевоморская	-0,70	-0,08	-0,06	-0,11
Сайда в районе 5a (ИКЕС)	-0,30	-0,49	0,13	0,54
Сайда в районе Фарер	-0,62	-0,53	0,18	-0,10
Морской язык в районе 7fg (ИКЕС)	-0,65	-0,10	-0,12	0,01
Морской язык в районе 7e (ИКЕС)	0,09	0,52	-0,04	0,16
Путассу в районе 47d (ИКЕС)	0,48	0,39	0,31	-0,33
Нерка восточнокамчатская	-0,68	-0,07	-0,59	0,13
Нерка западнокамчатская	-0,71	-0,19	0,22	-0,12
Кета анадырская	0,13	-0,38	0,13	0,15
Кета восточнокамчатская	-0,08	-0,52	0,10	0,46
Кета западнокамчатская	-0,45	-0,29	0,16	0,44
Горбуша южнокурильская	-0,17	-0,19	0,34	0,13
Горбуша восточнокамчатская	-0,66	-0,05	-0,45	-0,13
Горбуша западнокамчатская	-0,59	0,02	-0,11	-0,17
Минтай западноберингоморский	0,71	0,02	0,24	0,19
Минтай восточнокамчатский	0,75	-0,08	0,23	0,25
Минтай восточноохотоморский	0,39	-0,23	0,03	-0,09



Оценивая возможный улов России на ближайшие 10–20 лет, мы должны учитывать, что помимо декадных существуют также междекадные изменения климата с периодичностью примерно 50–70 лет.

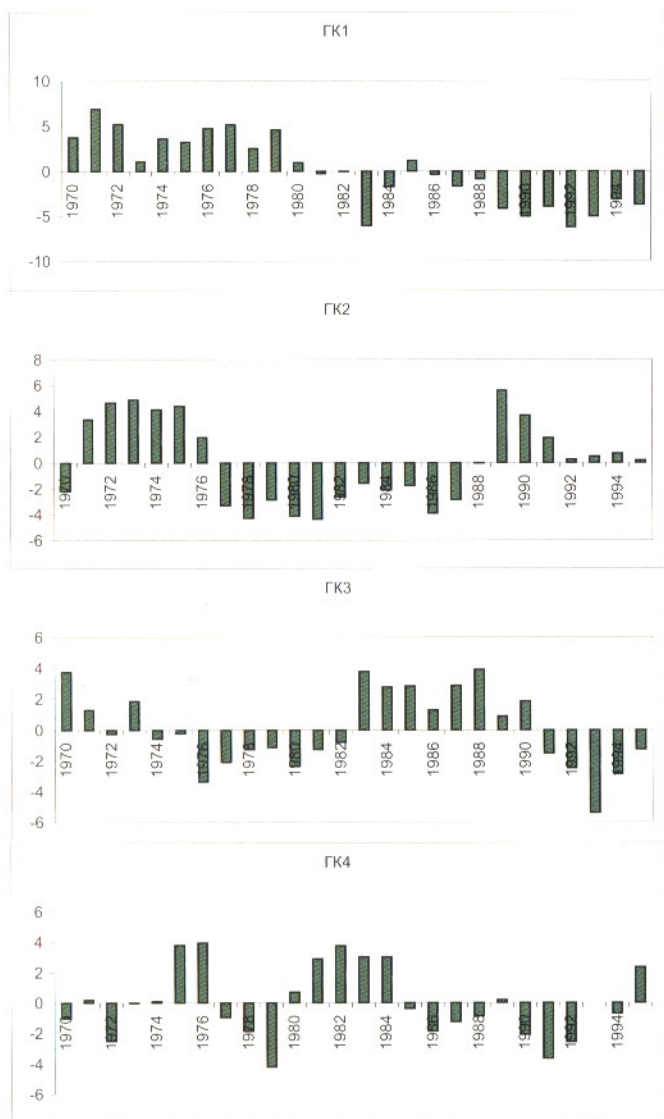


Рис. 4. Первые четыре главные компоненты 75 физических и биологических временных рядов в Северном полушарии

характеристик. Хорошо выражены отмеченные выше декадные колебания, причем заметен временной сдвиг между отдельными компонентами. Смена климатических режимов в Северной Атлантике (ГК 1) и связанных с этой компонентой популяций наблюдалась в конце 70-х и конце 80-х годов, в то время как в Северной Пацифике (ГК 2) новые климатические режимы формировались во второй половине 70-х и в 1989 г. Следует отметить, что наши ряды оканчиваются 1995 г., что связано с ограниченностью данных по рыбным запасам во времени. Поэтому приведенный рисунок не отражает установление нового холодного режима в Пацифике, особенно ярко выраженного в его северо-западной части, включая дальневосточные моря, в 1999 г. В Северо-Восточной Атлантике теплый режим, существующий с конца 80-х годов, пока сохраняется.

Оценивая возможный улов России на ближайшие 10–20 лет, мы должны учитывать, что помимо декадных существуют также междекадные изменения климата с периодичностью примерно 50–70 лет. Если рассматривать кривую изменений сред-

ней температуры воздуха Северного полушария, мы увидим, что в начавшемся в конце 70-х годов ее росте прослеживается сходство с периодом 20–30-х годов XX в. Этот период стал отправной точкой для изучения влияния процессов наблюдающегося глобального потепления климата на биологические ресурсы Межправительственным советом по изменениям климата (метод аналогов).

Анализ карт изменения приземного атмосферного давления и температуры поверхности океана между 70-ми и 80-ми и 70-ми и т.д. годами свидетельствует о том, что на протяжении последних 30 лет наблюдались согласованные смещения Азорского антициклона и положительной аномалии ТПО в Северной Атлантике на восток. Эта картина очень напоминает ситуацию 20–40-х годов (Bjerknes, 1964). Как известно, этот период потепления сменился похолоданием в 50–60-е годы. В настоящее время положительная аномалия в Северной Атлантике, по-видимому, достигла своего крайнего восточного положения, и в ближайшее время, возможно, наступит 20–30-летний период похолодания. В Северной Пацифике ситуация не столь ясна, но, по мнению специалистов ВНИРО и ТИНРО-центра, наступивший в конце 90-х годов холодный период продлится примерно 15–20 лет.

Переходя к оценке возможных изменений промысловых ресурсов, отметим, что в Атлантике одним из основных объектов российского промысла является аркто-норвежская треска. Анализ имеющихся данных свидетельствует о том, что урожайные поколения трески появляются в период небольших (не более 0,3°C) аномалий температуры воды обоих знаков. Поэтому в случае приближения к окончанию периода потепления в Северо-Восточной Атлантике в ближайшее время следует ожидать появления одного-двух урожайных ее поколений. Для атлантико-скандинавской сельди ситуация может ухудшиться из-за изменения условий среды в сторону похолодания.

Переходя к дальневосточным морям, следует отметить, что, по мнению авторов, наступивший период похолодания приведет к снижению численности стад горбуши, но, с другой стороны, возможно, будет благоприятным для стад восточно- и западнокамчатских нерки и кеты. Это связано с уменьшением плотностной зависимости этих стад от запаса искусственно разводимой японской кеты, для которой период похолодания неблагоприятен. Поэтому численность стад нерки и кеты сохранится либо даже возрастет.

В целом полученные результаты подтверждают, что для обоснованной оценки изменения общих запасов промысловых ресурсов и разработки надежных методов рыбопромыслового прогнозирования учет крупномасштабности их флуктуаций должен стоять на первом месте.

Krovvin A.S., Klovach N.V., Borisov V.M., Bondarenko M.V., Mury G.P.

The large-scale fluctuations in stock size of marine commercial organisms

The article deals with the stock size assessment of exploitable resources and elaboration of robust methods intended for catch forecasting. The results obtained confirm that for the task to be successful, it is of primal importance to take into consideration the large-scale fluctuations in stock size.