

ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В 1900-2017 ГГ

А.П. Педченко¹, канд. геогр. наук, В.Д. Бойцов², д-р геогр. наук

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

²Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга, Санкт – Петербург, Россия

LONG-TERM FLUCTUATIONS OF THE BALTIC SEA WATER TEMPERATURE IN 1900-2017

A.P. Pedchenko¹, Cand. Sc., V.D. Boitsov², Dr. Sc.

¹Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia

²Berg State Research Institute on Lake and River Fisheries, St. Petersburg, Russia

Представлены результаты анализа межгодовых колебаний температуры поверхностного слоя вод Балтийского моря в 1900-2017 гг. Установлено наличие восходящего линейного тренда и 70-летнего цикла в спектральном составе этого временного ряда. Суперпозиция этих составляющих определяет 65 % изменчивости температуры воды и характеризует многолетнюю динамику климата Балтийского моря. Аналогичные долгопериодные компоненты присутствуют в изменчивости индекса атлантического мультидекадного колебания. На примере сельди показано, что чередование различных по длительности западных (W) и восточных (E) типов атмосферной циркуляции через изменчивость температуры и солености воды может влиять на динамику уловов промысловых рыб Балтийского моря.

The results of the analysis of interannual fluctuations of the Baltic sea surface temperature in 1900-2017 are presented. A rising linear trend and a 70-year cycle were found to exist in the spectral composition of the time series. The superposition of these components determines 65% of the temperature variability of the water and characterizes the long-term climate dynamics of the Baltic Sea. Similar long-period components are present in the variability of the Atlantic multi-decadal oscillation index. On the example of herring it is shown that the alternation of different in duration Western (W) and Eastern (E) types of atmospheric circulation through the variability of temperature and salinity of water can affect the dynamics of commercial fish catches in the Baltic Sea.

Для анализа межгодовых колебаний температуры воды необходимо иметь данные ее инструментальных наблюдений за многолетний период на океанографических разрезах или стационарных пунктах наблюдений. К сожалению, ряды таких наблюдений в Балтийском море не столь продолжительны. Поэтому для исследования изменчивости этого параметра нами были использованы среднемесячные значения температуры поверхности океана (ТПО) в узлах сетки с шагом 2x2° по широте и долготе из архива NOAA NCDC ERSST version3b [1]. Эти данные получают на основе совместной обработки судовых наблюдений и измерений температуры воды на дрейфующих буях. Они представлены в виде осредненных значений, приведенных на 15 число месяца. В версии version3b не учитываются спутниковые измерения из-за их низкой точности.

Ранее данные реанализа ТПО уже использовались при исследовании вековых колебаний климата морей северо-запада России [2], а также в качестве исходных значений для составления долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов теплового состояния водных масс районов Северо-Западной Атлантики [3]. Они оказались репрезентативными для анализа изменчивости температуры воды. Поэтому в настоящей работе из базы NOAA NCDC ERSST (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature) были выбраны месячные значения температуры поверхности Балтийского моря в 12 узлах регулярной сетки при пересечении параллелей 56, 58 и 60° с.ш. с меридианами 16, 20, 22, 24, 26 и 28° в.д. за 1900-2017 гг. Затем эти данные усреднялись для периода, когда в море отсутствует лед (май-октябрь), с последующим получением средних величин параметра для каждого года для всех узлов сетки. Таким образом была сформирована выборка средней температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря за 118-летний период.

В межгодовых колебаниях теплосодержания водных масс Балтийского моря по данным 1900-2017 гг. присутствует линейный восходящий тренд, который вносит 44 % в его общую

изменчивость (рис. 1). Такого же вида тренд нами был выделен и в динамике температуры воздуха этого моря за 118-летний период по ее осредненным значениям, измеренным на метеорологических станциях, расположенных на морском побережье.

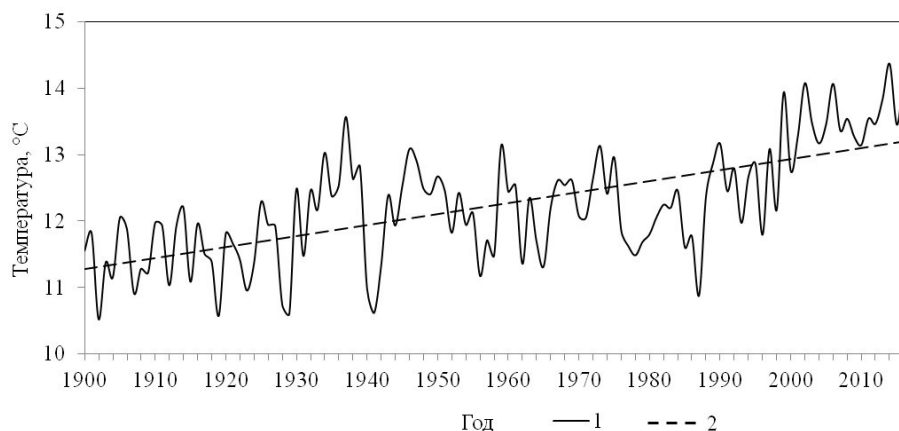


Рис. 1. Колебания температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря (1), их линейный тренд (2) в 1900-2017 гг.

Присутствие восходящего линейного тренда в многолетней динамике температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря, вклад которого составляет почти половину ее общей изменчивости, определяется наличием в течение первых 32-х лет (1900-1931 гг.) значительного похолодания водных масс (средняя аномалия температуры $-0,8$ °C) и их потепления в 1989-2017 гг. (средняя аномалия $1,0$ °C). Между этими двумя климатическими фазами в колебаниях параметра линейный тренд отсутствовал, поскольку происходило чередование кратковременного повышения и понижения температуры воды относительно среднесноголетнего уровня (см. рис. 1). Поэтому аномалия для этого периода ($-0,1$ °C) оказалась близка к норме.

Кроме линейного тренда в спектральном составе межгодовой изменчивости теплосодержания водных масс Балтийского моря присутствуют энергонесущие частоты, соответствующие периодам 70, 11-12, 7-8 лет, а также 4 и 2 года (рис. 2).

Как показали расчеты вейвлет спектра, наиболее устойчивой в течение 1900-2017 гг. была 70-летняя квазипериодичность, вклад которой в дисперсию исходных данных составляет 21% (рис. 3).

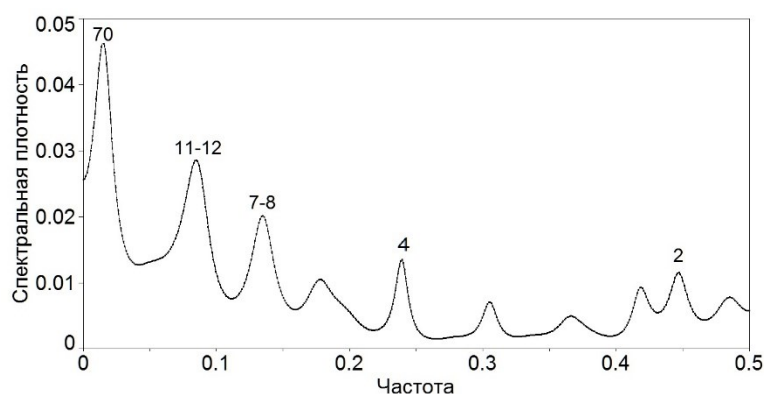


Рис. 2. Спектр колебаний температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря по данным за 1900-2017 гг.

Над значимыми пиками спектральной плотности указан период (годы)

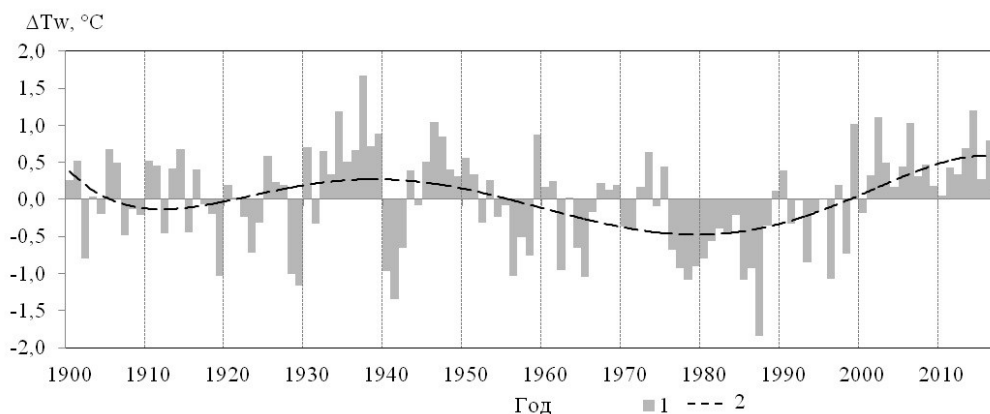


Рис. 3. Изменение разности исходных данных температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря и значений линейного тренда (1) и 70-летней циклической компонента (2)

При исследовании особенностей колебаний климата морских акваторий и континентальных регионов следует анализировать динамику долгопериодных составляющих, присутствующих в изменчивости его индикаторов. В нашем случае таковыми являются линейный тренд и 70-летний цикл, которые присутствуют в спектральном составе температуры воды Балтийского моря за 1900-2017 гг. Общий вклад этих двух компонент в дисперсию исходных данных составляет 65 %. График их совместной изменчивости представлен на рисунке 4.

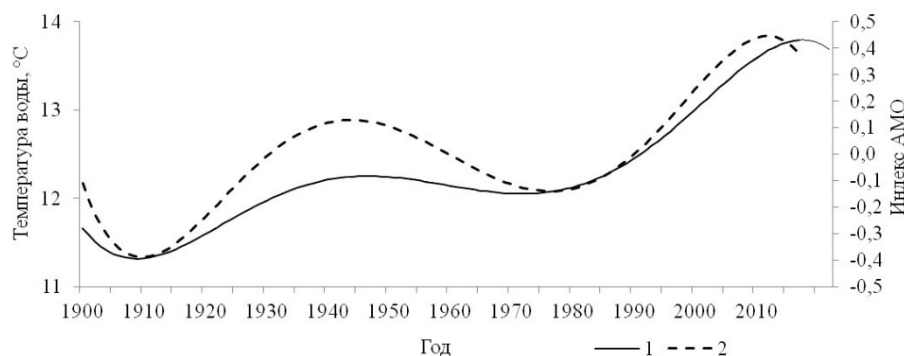


Рис. 4. Изменчивость суперпозиции линейного тренда и 70-летней циклической температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря (1) и индекса АМО (2) в 1900-2017 гг.

Как известно, климат Северо-Европейского бассейна и европейского континента в значительной степени определяется системой крупномасштабной циркуляции воздушных масс, доминирующим элементом которой является западный перенос циклонами теплого и влажного воздуха с Северной Атлантики, а также адвекция вод системы Гольфстрима.

Балтийский регион также находится под влиянием этих процессов, что подтверждается наличием в многолетней динамике среднего за май-октябрь индекса атлантического мультидекадного колебания (АМО) линейного тренда и 70-летнего ритма, которые присутствуют и в спектре колебаний температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря (см. рис. 4). При этом тренды этих параметров имеют положительный знак, а различия начальных фаз циклических компонент незначительны. Индекс АМО характеризует тепловое состояние верхнего слоя вод Северной Атлантики на акватории между экватором и 70° с.ш., данные которого имеются на сайте [4].

Таким образом, во внутренней структуре межгодовых колебаний температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря в 1900-2017 гг. присутствуют две долгопериодные составляющие: линейный восходящий тренд и 70-летний циклы, Их суперпозиция характеризует многолетнюю динамику морского климата водоема.

Как известно, температура воды является одним из важнейших экологических факторов, влияющих на развитие морской биоты. Значительное повышение теплового фона водных масс Балтийского моря в течение последних 25 лет не могло не сказаться на динамике запасов промысловых рыб и их уловов. Для подтверждения этого воздействия в качестве примера в настоящей работе представлены результаты совместного анализа динамики общего вылова сельди и температуры воды поверхностного слоя моря Балтийского моря за 1977-2017 гг. Установлено, что коэффициент корреляции между этими показателями статистически значим и составляет $r = -0,76$.

Как показано в работе [5], запасы и уловы сельди в Балтийском море снижались при увеличении повторяемости западного (W) типа атмосферной циркуляции и возрастали при преобладании восточного (E) переноса. Наши исследования показали, что с 1977 по 1988 г. средний вылов сельди в Балтийском море был на достаточно высоком уровне (рис. 5). В этот период доминировал восточный (E) перенос воздушных масс, а средняя температура вод была близка к среднемноголетней величине. В последующие годы повторяемость западного (W) типа атмосферной циркуляции стала превышать восточный (E), что предполагало увеличение тепло и солесодержания вод Балтийского моря. Анализ показал, что после 1988 г. началось потепление вод, с началом которого общий вылов сельди снижался и достиг минимума в 2012 - 2013 гг. (110 тыс. т). После 2013 г. повторяемость западного и восточного переноса воздушных масс в течение года стала примерно одинаковой, а также приостановился дальнейший рост температуры воды, что могло способствовать увеличению уловов сельди (см. рис. 5).

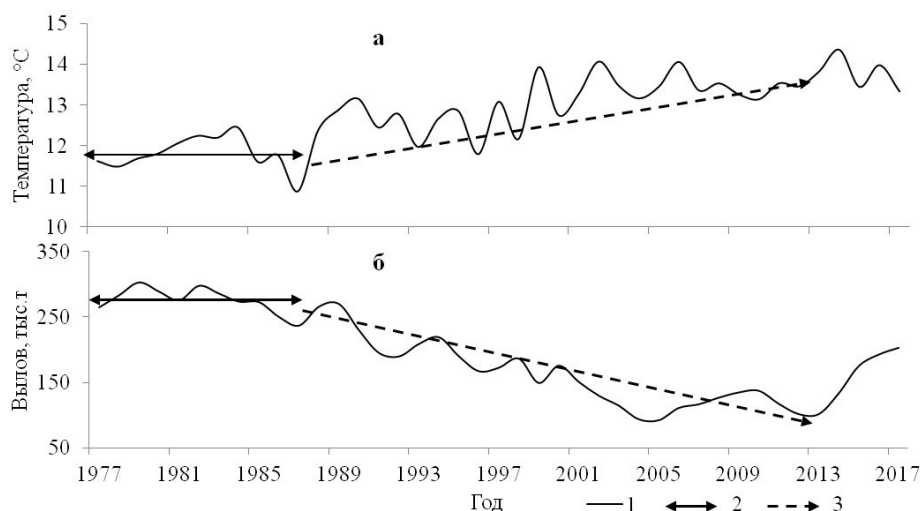


Рис. 5. Межгодовые колебания (1) температуры воды поверхностного слоя Балтийского моря (а) и общего вылова сельди (б) в 1977-2017 гг., их средние значения в 1977-1988 гг. (2) и линейные тренды в 1989-2013 гг. (3)

Литература

1. ([Электронный ресурс] URL: <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCDC/.ERSST/.version3b/.sst/>).
2. Хаймина О.В., Бойцов В.Д., Карпова И.П. Вековые колебания климата морей северо-запада России // Ученые записки РГГМУ, № 24. Научно-теоретический журнал. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2012 - С. 62-74.
3. Карпова И.П., Густоев Д.В., Аверкиев А.С. Об оценке оправдываемости долгосрочных прогнозов гидрометеорологических элементов в Северном промысловом бассейне // Ученые записки РГГМУ, № 49. Научно-теоретический журнал. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2017 - С. 73-81.
4. ([Электронный ресурс] URL: <https://esrl.noaa.gov/psd/data/>).
5. Дубравин В.Ф., Педченко А.П. Долгопериодная изменчивость термохалинной структуры вод балтийского моря и ее влияние на динамику запасов и промысел пелагических рыб // Вопросы промысловой океанологии. 2010. Т. 7. № 2. – с. 57-79.