

УДК 911

А. В. ХОЛОПЦЕВ, д-р геогр. наук, доц., **А. А. ШИДЛОВСКАЯ**
Севастопольский национальный технический университет

ОСОБЕННОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕМПЕРАТУР АКВАТОРИЙ ТРОПИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЮЖНОЙ АТЛАНТИКИ И ТИХОГО ОКЕАНА

Показано, что, в современный период потепления климата, изменения поверхностных температур акваторий тропической зоны Тихого океана, способны вызывать аналогичные изменения в тропической зоне Южной Атлантики, запаздывающие по отношению к ним на 16 лет. Данный процесс может привести к значительным климатическим изменениям в исследуемом регионе. В свою очередь, это может повлиять на региональные или даже глобальные климатические процессы в климатической системе планеты.

Ключевые слова: Глобальный тепловой океанический конвейер, изменение поверхностных температур, Атлантический и Тихий океан, статистическая связь, корреляционный анализ

Холопцев О. В., Шидловська О. О. ОСОБЛИВОСТІ СТАТИСТИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ЗМІНАМИ ПОВЕРХНЕВИХ ТЕМПЕРАТУР АКВАТОРІЙ ТРОПІЧНОЇ ЗОНИ ПІВДЕННОЇ АТ- ЛАНТИКИ ТА ТИХОГО ОКЕАНУ

Показано, що в сучасний період потепління клімату зміни поверхневих температур акваторій тропічної зони Тихого океану, здатні викликати аналогічні зміни в тропічній зоні Південної Атлантики, запізнити по відношенню до них на 16 років. Цей процес може призвести до значних кліматичних змін у регіоні, що досліджується. В свою чергу, все це може вплинути на регіональні або навіть глобальні кліматичні процеси в кліматичній системі планети.

Ключові слова: Глобальний тепловий океанічний конвеєр, зміна поверхневих температур, Атлантичний і Тихий океан, статистичний зв'язок, кореляційний аналіз

Holoptsev A., Shidlovsky A. FEATURES OF STATISTICAL RELATIONSHIP BETWEEN CHANGES IN SURFACE TEMPERATURE OF THE TROPICAL ZONE WATER AREA SOUTH ATLANTIC AND PACIFIC

During current period of climate warming changes in surface temperatures of waters tropical Pacific can cause similar changes in the tropical South Atlantic, delayed with respect to them for 16 years. This process can lead to significant climate changes in the study region. In the end, this process can affect the regional or even global climate in the climate system of the planet.

Keywords: Global oceanic heat conveyor, the change of surface temperature, the Atlantic and Pacific Ocean, the statistical nexus, the correlation analysis

ВВЕДЕНИЕ

Поток тепла, поступающий в Северную Атлантику с водами северных ветвей Южно-Пассатного течения, является одним из значимых факторов временной изменчивости распределения ее поверхностных температур, а также поля атмосферного давления, скорости ветра и других метеопараметров над многими регионами Северного полушария. Поэтому совершенствованием методик сверхдолгосрочного прогнозирования его изменений является актуальной проблемой физической географии.

Поскольку недостаточная изученность закономерностей рассматриваемого процесса пока не позволяет разработать достаточно точные его физические модели, при его моделировании и прогнозировании ныне могут быть использованы лишь те или иные статистические методы [1].

Как известно [2, 3], оправдываемость прогнозов природных процессов, основанных на подобных методах, во многом определяется адекватностью учета особенностей наиболее существенных факторов в используемых для их разработки моделях. Поэтому изучение характеристик статистических связей изменений изучаемого потока, а также его важнейших факторов представляет значительный теоретический и практический интерес.

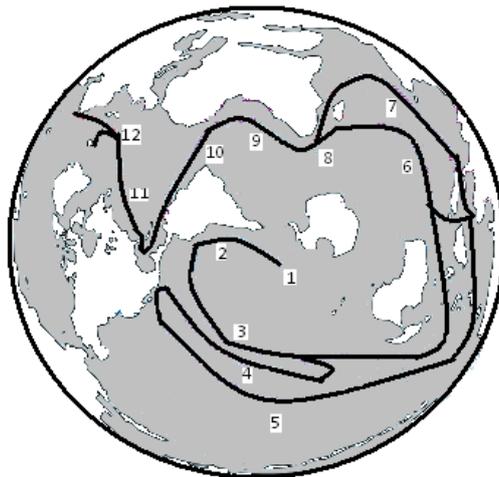
Исследования пространственно-временной изменчивости поверхностных температур в тропической зоне Атлантического океана начались в 1749 г. Г. Эллисом, сделавшим первые измерения температуры на различных глубинах океана. Они были повторены Дж. Куком (1772 г.), О. Соссюром (1780 г.), И. Ф. Крузенштерном (1803 г.) и др. [4]. Особое место занимают наблюдения Крузенштерна во время первой русской кругосветной экспедиции (1803-1806 гг.) [5]. Наиболее существенным вкладом в развитие современных представлений об этом процессе явились работы [6-8].

Наличие причинной связи между изменениями распределения поверхностных температур акваторий в тропических зонах Атлантического, Индийского и Тихого океанов, обусловленной существованием Глобального теплового океанического конвейера (далее ГТОК), впервые установил С. С. Лаппо [9]. Упрощенная схема поверхностных течений, участвующих в образовании ГТОК, приведена на рисунке 1.

Поток тепла (рис.1), приносимый в Северную Атлантику водами ветвей ее Южно-Пассатного течения (10), лишь частично формируется в результате поглощения солнечной радиации и обратного теплового излучения атмосферы (поток которого зависит от характеристик парникового эффекта) поверхностным слоем соответствующих акваторий ее тропической зоны. Ощутимыми являются также вклады в него потоков тепла, приносимых из Северной Атлантики Гвинейским течением, а также из Южной Атлантики Бенгельским течением (9). Последнее образуется при слиянии вод соответствующей северной струи течения Западных ветров и течения Мыса Игольного (8), приносящего в Атлантику воды Индийского океана.

Течение Мыса Игольного (8) является западной ветвью течения Агульяс, формирующегося при слиянии струй Мозамбикского и Мадагаскарского течений, несущих на юг, из западного сектора тропической зоны Индийского океана воды, доставляемые в него Южно-Пассатным течением Индийского океана (6) и Муссонным течением (7). Упомянутые течения зарождаются в восточной части Индийского океана, с участием вод Тихого океана, проникающих сюда через Трессов и другие проливы из его теплого тропического бассейна (далее ТТБ).

В ТТБ тепло приносят два мощнейших водных потока Тихого океана – его Северо-Пассатное (5) и Южно-Пассатное (3) течения. Существенно влияет на распределение



1 – Течение Западных ветров, 2 – Перуанское течение, 3 – Южно-Пассатное течение Тихого океана, 4 – Межпассатное противотечение, 5 – Северо-Пассатное течение Тихого океана, 6 – Южно-Пассатное течение Индийского океана, 7 – Муссонное течение, 8 – течение Мыса Игольного (Агульяс), 9 – Бенгельское течение, 10 – Южно-Пассатное течение Атлантики, 11 – Гольфстрим, 12 – Северо-Атлантическое течение

Рис. 1 – Упрощенная схема важнейших поверхностных течений, участвующих в образовании ГТОК, согласно [10]

поверхностных температур в тропической зоне Тихого океана также Межпассатное притивотечение (4), уносящее воды ТТБ вдоль экватора на восток к берегам Серной Америки.

Главную роль в образовании Южно-Пассатного течения Тихого океана играют Перуанские течения (океаническое, прибрежное, а также течение Гюнтера) (2), образуемые соответствующей северной ветвью течения Западных ветров (1).

Многие важнейшие особенности перечисленных течений описаны в работах [10-13]. В тоже время такие их особенности, как время распространения термических аномалий от Тихоокеанских звеньев ГТОК в тропическую зону Атлантики, ныне изучены недостаточно. Учет упомянутых особенностей при моделировании изменений потока

тепла, поступающего в Северную Атлантику с водами Южно-Пассатного течения (10) позволил бы существенно повысить эффективность их прогнозирования. Учитывая это, как объект исследования рассматривалась пространственно-временная изменчивость поверхностных температур в тропических зонах Атлантического и Тихого океанов.

Предметом исследования являлись особенности статистической связи между изменениями поверхностных температур акваторий тропической зоны Южной Атлантики и Тихого океана.

Целью исследования является оценка времен, за которые термические аномалии, сформировавшиеся в различных частях тропической зоны Тихого океана, достигают тропической зоны Южной Атлантики.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Для достижения указанной цели осуществлен корреляционный анализ связей между изменениями характеристик распределений поверхностных температур в тропической зоне Южной Атлантики, а также различных секторах тропической зоны Тихого океана. При этом рассчитывались значения коэффициента корреляции между всеми возможными фрагментами времен-

ных рядов изучаемых процессов, соответствующих отрезкам времени продолжительностью 22 года, при условии, что фрагменты рядов характеризующих изменения ТПО в Тихом океане опережали сопоставляемый с ними фрагмент ряда ТПО Атлантики на 0-20 лет. Вычисленные значения коэффициента корреляции сопоставлялись с соответствующим 95% - порогом достовер-

ной корреляции по критерию Стьюдента. При его превышении принималось решение о наличии значимой статистической связи между сопоставляемыми процессами, вероятность адекватности которого составляет не менее 0.95. Значение упомянутого порога, рассчитанное по методике [1], с учетом числа степеней свободы сопоставляемых временных рядов, составляет 0.42.

Как известно, основная часть акватории тропической зоны Атлантики, через которую несут свои воды струи Южно-Пассатного течения, которые, в конечном счете, поступают в Карибское море, заключена между параллелями $5^{\circ}\text{N}-20^{\circ}\text{S}$, а также меридианами $30^{\circ}\text{W}-10^{\circ}\text{E}$. Информация об изменениях средних значений аномалий среднемесячных температур поверхности указанной акваторий, рассматриваемых как

глобальный климатический индекс (ГКИ) TSA, представлена в [14]. Она упорядочена в виде временных рядов этих ГКИ, содержащих данные за период с января 1950 по декабрь 2010 года.

Учитывая упомянутые выше особенности циркуляции вод тропической зоны Тихого океана, наибольший интерес представляют связи изучаемого процесса с изменениями ГКИ, характеризующих средних значений среднегодовых температур ее секторов, границы которых показаны в таблице 1. Информация об изменениях всех перечисленных ГКИ в таблице 1, а также TSA приведена в [14]. Воспользовавшись их значениями, относящимися к одному и тому же году, рассчитаны их среднегодовые значения, соответствующие периоду с 1950 по 2010 гг.

Таблица 1

Координаты границ рассматриваемых секторов тропической зоны Тихого океана, согласно [15]

№	Расположение акватории	ГКИ	Границы по широте	Границы по долготе
1	Восточный сектор тропической зоны Южной Пасифики	Nino1+2	$0^{\circ} - 10^{\circ}\text{S}$	$90^{\circ} - 60^{\circ}\text{W}$
2	Восточная часть центрального сектора приэкваториальной зоны	Nino3	$5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$	$90^{\circ} - 150^{\circ}\text{W}$
3	Западный сектор приэкваториальной зоны	Nino4	$5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$	$160^{\circ}\text{E} - 150^{\circ}\text{W}$
4	Западная часть центрального сектора приэкваториальной зоны	Nino3-4	$5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$	$120^{\circ} - 170^{\circ}\text{W}$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В соответствии с изложенной методикой выполнен корреляционный анализ связей между различными фрагментами временного ряда среднегодовых значений TSA и опережающих их на 0-22 года фрагментами временных рядов среднегодовых значений ГКИ Nino1+2, Nino3, Nino4 и Nino3-4.

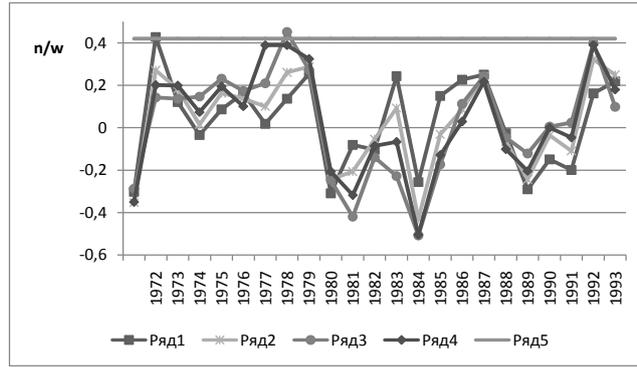
Установлено, что за период современного потепления климата характер статистических связей между рассматриваемыми процессами существенно изменился.

В качестве примера, на рисунке 2 приведены взаимно корреляционные функции рассматриваемых процессов, соответствующие двум различным фрагментам временного ряда TSA.

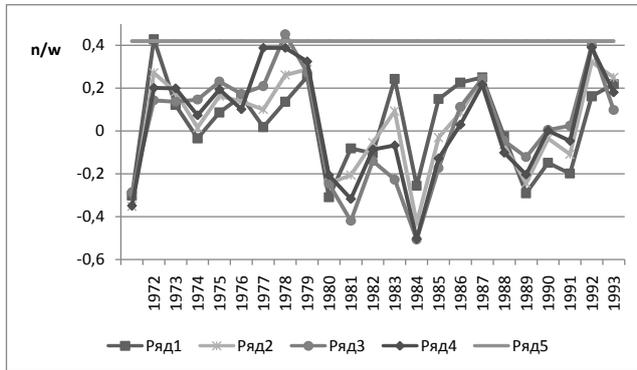
Как видно из рисунка 2 а, в начале периода современного потепления климата (с 1972 по 1993 гг.) значимой положительной корреляции между изменениями среднегодовых значений TSA, а также Nino1+2, Nino3,

Nino4 и Nino3-4 практически не наблюдалось. При этом, как следует из рисунка 2 б, в период с 1989 по 2010 гг., вывод о наличии связи между ними (за исключением Nino1+2), при опережении 16-17 лет, может быть адекватным с вероятностью не менее 0.95.

Для других значений опережения, значимой корреляции между рассматриваемыми процессами не выявлено. Это позволяет предполагать, что за период современного потепления климата статистическая связь между изучаемыми процессами усилилась. Для проверки этого предположения построены зависимости от года начала рассматриваемых фрагментов временного ряда среднегодовых значений TSA значений коэффициента их корреляции с опережающими их на 16 лет фрагментами временных рядов Nino1+2, Nino3, Nino4 и Nino3-4, которые представлены на рис. 3.



а)



б)

Рис. 2 – Взаимнокорреляционные функции фрагментов временных рядов TSA с 1972 по 1993 гг. (а) и с 1989 по 2010 (б), а также ГКИ Niño1+2 (ряд 1), Niño3 (ряд 2), Niño4 (ряд 3) и Niño3-4 (ряд 4), 95% порог (ряд 5)

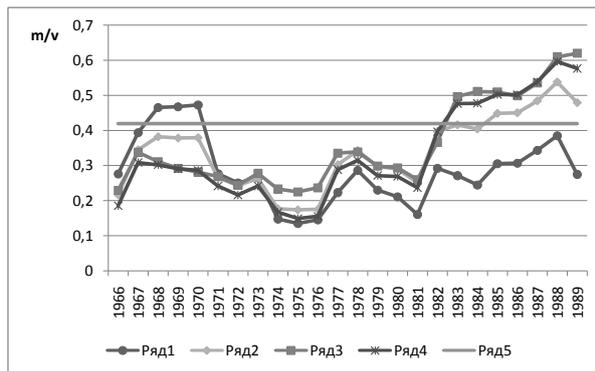


Рис. 3 – Зависимости от года начала фрагмента ряда TSA коэффициента его корреляции с фрагментами рядов ГКИ Niño1+2 (ряд 1), Niño3 (ряд 2), Niño4 (ряд 3) и Niño3-4 (ряд 4), 95% порог (ряд 5), опережающими его на 16 лет (с 1966 по 1989 гг.)

Из рисунка 3 следует, что за период современного потепления климата (за начало которого условно можно принять 1976 г.), статистическая связь между рассматриваемыми процессами усиливалась. При этом связь с Nino4 и Nino3-4 стала значимой уже с 1983 г., а с Nino3 с 1985 года. Значения коэффициента корреляции изменений среднегодовых значений TSA и Nino1+2 при этом

также возрастали, но выбранного уровня значимости не достигли.

Это позволяет сделать статистический вывод, согласно которому распространения термических аномалий из тропической зоны Тихого океана в тропическую зону Южной Атлантики стало возможным после 1983 года, а время, за которое они преодолевают соответствующий путь, составляет 16 лет

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученный результат оставляет открытым вопрос о причинах усиления статистической связи между изменениями среднегодовых значений поверхностных температур рассматриваемой акватории тропической Атлантики, а также изучаемых акваторий Тихого океана. Для ответа на него следует учесть, что через указанные акватории проходят Южно-Пассатное течение Атлантики, а также Южно-Пассатное, Северо-Пассатное и Межпассатное течения Тихого океана. При этом, учитывая схему поверхностных течений, представленную на рис. 1, понятно, что причиной данного явления может быть изменение характеристик течений, по которым термические аномалии из Тихого океана способны попасть в тропическую зону Атлантики.

Сравнительный анализ изменений аномалий среднегодовых температур поверхно-

стей акваторий, через которые возможно распространение таких аномалий, проводившийся по данным [14], показал, что наиболее существенно изменились характеристики акваторий, через которые проходят северная ветвь течения Западных ветров и течения Мыса Игольного.

Расположение границ упомянутых акваторий показано в табл. 2.

Как следует из таблицы 2, через упомянутые акватории проходят основные части водных потоков, переносимых данными поверхностными течениями.

Зависимости от года начала скользящего окна длиной 10 лет усредненных по нему аномалий среднегодовых температур указанных акваторий, а также акватории, для которой рассчитывается значение TSA представлены на рисунке 4.

Таблица 2

Координаты границ рассматриваемых акваторий Южной Атлантики

№	Расположение акватории	Границы по широте	Границы по долготе
1	Северная ветвь течения Западных ветров	40°S-50°S	0°E – 20°E
2	Течение Мыса Игольного	35°S-40°S	15°E-25°E

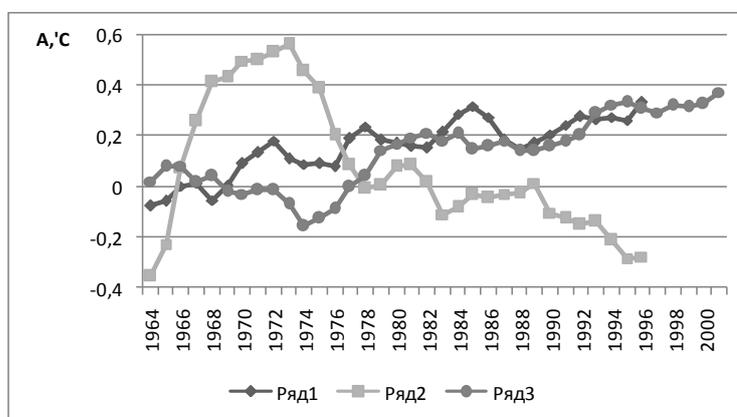


Рис. 4 – Изменения усредненных в скользящем окне длиной 10 лет аномалий среднегодовых температур поверхности акваторий Атлантического океана, через которые проходят течение Мыса Игольного (ряд 1), северная периферия течения Западных ветров (ряд 2), а также Южно-Пассатное течение Атлантики (ряд 3)

Из анализа рисунка 4 следует, что за период после 1964 года соотношение между изменениями аномалий поверхностных температур рассматриваемых акваторий существенно изменилось.

В скользящих окнах, начинающихся до 1974 г., поверхностные температуры акваторий, расположенных на северной периферии течения Западных ветров, а также в зоне течения Мыса Игольного возрастали. При этом изменения поверхностных температур в зоне Южно-Пассатного течения от этих процессов практически не зависели. В период после 1975 года в зоне северной периферии течения Западных ветров среднегодовые температуры устойчиво снижаются, а в зоне течения Мыса Игольного, по-прежнему, увеличиваются.

Вследствие зависимости плотности морской воды от ее температуры этот процесс приводил к тому, что до 1974 г. значения плотностей вод, переносимых обоими течениями, снижались. В последующий период плотность вод течения мыса Игольного по-прежнему снижалась, а вод течения Западных ветров возрастала. Результатом этого было значительное присутствие до 1974

года вод течения Западных ветров в поверхностном слое акваторий, через которые проходит Бенгельское течение, а также сравнительно низкие значения их поверхностных температур. После 1974 года при слиянии вод рассматриваемых течений в поверхностный слой акваторий в зоне Бенгельского течения поступало все больше воды течения Мыса Игольного и все меньше более плотных вод течения Западных ветров. В итоге температура вод на поверхности Бенгельского течения повышалась, а их плотность снижалась, что привело к изменению соотношения между указанными характеристиками этого течения, а также Гвинейского течения в поверхностном слое акваторий, расположенных в зоне образования Южно-Пассатного течения Атлантики.

Расположение границ упомянутых акваторий показано в таблице 3.

Из данных таблицы 3 следует, что через упомянутые акватории проходят большие части потоков вод, переносимых изучаемыми поверхностными течениями. Результат изменения соотношений между характеристиками указанных течений представлен на рисунке 5,

Таблица 3

Координаты границ рассматриваемых акваторий Атлантики

№	Расположение акватории	Границы по широте	Границы по долготе
1	Бенгельское течение	30°S-35°S	10°E- 15°E
2	Гвинейское течение	0°N- 5°N	5°W- 10°W

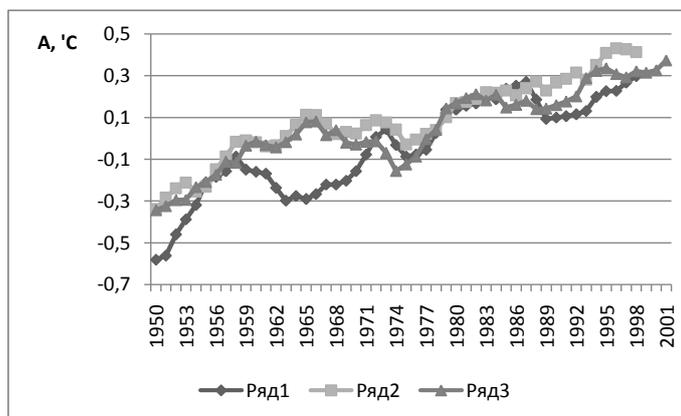


Рис. 5 – Изменения усредненных в скользящем окне длиной 10 лет аномалий среднегодовых температур поверхности Атлантического океана в зоне Бенгельского течения (ряд 1), Гвинейского течения (ряд 2), а также Южно-Пассатного течения Атлантики (ряд 3)

где отображены зависимости от года начала скользящего окна длиной 10 лет усредненных по нему аномалий их среднегодовых температур, а также TSA.

Из рисунка 5 нетрудно заметить, что в период до 1975 года изменения аномалий среднегодовых значений TSA (Южно-Пассатное течение) практически не зависели от изменений аномалий среднегодовых температур в области Бенгельского течения, полностью определяясь изменениями характеристик Гвинейского течения. В последующий период связь изменений TSA и поверхностных температур вод, переносимых Бенгельским течением ощутимо усилилось. Последний вывод вполне соответствует представлениям о том, что плотность вод Бенгельского течения в данное время монотонно снижалась, как результат потепления вод мыса Игольного.

Анализ изменения усредненных аномалий среднегодовых температур поверхности акваторий Атлантического океана (рис. 4 и 5) свидетельствует о том, что в период до 1975 года путь, по которому изменения температур приповерхностного слоя вод из тропической зоны Тихого океана, могли бы достигать тропической зоны Южной Атлантики, был фактически перекрыт водами не слишком холодного и плотного течения Западных ветров. В последующий период произошедшее потепление климата привело к увеличению объемов талых вод, поступающих из антарк-

тического сегмента криосферы в поверхностный слой акваторий, расположенных на северной периферии течения Западных ветров. Это привело к ощутимому понижению среднегодовых температур поверхностного слоя подобных акваторий, а также похолоданию вод, уносимых к экватору северными струями течения Западных ветров, а далее – Южно-Пассатного течения Тихого океана. Подтверждением этого может служить рисунок 6, на котором приведены зависимости от года начала скользящего окна длиной 22 года усредненных по нему аномалий среднегодовых температур поверхности Тихого океана в областях, по которым вычисляются значения Nino1+2, Nino3, Nino4 и Nino3-4. Похолодание в поверхностном слое Тихого океана в период после 1977 года отмечается в акваториях его тропической зоны, по которым рассчитываются Nino1+2, Nino3 и Nino3-4. Об отсутствии явно выраженного похолодания в этот период можно говорить лишь для ТТБ, характеристикой которого является Nino4 (да и здесь это явление фиксируется на отрезках времени после 1987 года).

Учитывая то, что изменения поверхностных температур по системе течений ГКОК из Тихого океана за 16 лет достигают тропической зоны Атлантического океана, представляется вероятным, что снижение среднегодовых температур в этой зоне будет выявлено на отрезке времени 2002 - 2023 гг.

ВЫВОДЫ

1. В современный период изменения поверхностных температур акваторий тропической зоны Тихого океана, способны вызывать аналогичные изменения в тропической зоне Южной Атлантики, запаздывающие по отношению к ним на 16 лет.

2. Это стало возможным после 1983 года, когда потепление глобального климата привело к достаточному похолоданию вод северной периферии течения Западных ветров и открыло путь водам течения Мыса Игольного в по-

верхностный слой Бенгельского течения, и далее, Южно-Пассатного течения Атлантики.

3. Вследствие выявленного запаздывания снижение усредненных за 22 года среднегодовых температур в теплом тропическом бассейне Тихого океана должно привести к снижению аналогичных характеристик потока тепла, поступающего из Южной Атлантики в Северную, что может вызвать ощутимые климатические изменения в данном регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рао С. Р. Линейные статистические методы и их применения / С. Р. Рао. – М.: Наука, 1968. – 376 с.
 2. Проблемы географического прогноза / Под ред. Белоусова И. И., Марчукова В. Г. – М.: Изд-во МГУ, 1974. – 100 с.
 3. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс. / Пер. с англ. Л. Левшина; под ред. Писаренко В. Ф. – М.: Мир, 1974. – 197 с.

4. Жуков Л. А. Общая океанология / Л. А. Жуков. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 376 с.
 5. Крузенштерн И. Ф. Путешествие вокруг света в 1803, 1804, 1805 и 1806 годах на кораблях «Надежда» и «Нева». / И. Ф. Крузенштерн. – М.: Дрофа, 2007. – 589 с.
 6. Полонский А. Б. Роль океана в изменениях климата / А. Б. Полонский. – К.: Наукова думка, 2008. – 184 с.

7. Бурков В. А. Гидрологическая характеристика Атлантического океана / В. А. Бурков. – М.: Наука, 1982. – 560 с.

8. Bigg G. R. The role of the Oceans in Climate / G. R. Bigg, T. D. Jickells, P. S. Liss, T. J. Osborn. // Int. J. of Climatology. – 2003. – V 23, №10. – P. 1127-1160.

9. Лаппо С. С. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан- атмосфера и энерго- активные области Мирового океана / С. С. Лаппо – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 336 с.

10. Анисимов М. В. Глобальный океанический конвейер / М. В. Анисимов, Ю. А. Иванов, М. М. Субботина // Океанология. – 2002. – т.45, №5. – С. 645-649.

11. Martin V. Power of pull / V. Martin. // Nature. – 2007. – V. 447. – P. 383.

12. Penland C. Prediction of tropical Atlantic sea surface temperatures using Linear Inverse Modeling / C. Penland, L. Matrosova. // J. Climate. – 1998. – March. – P. 483-496.

13. Ozier M. S. Deconstructing the Conveyor Belt / M. S. Ozier. // Science. – 2010. –V. 328. – P. 1507–1511.

14. <http://www.noaa.gov> - сайт Национальной администрации по океану и атмосфере.

15. Bell G. D. Assessment for 1998 / G. D. Bell, M. S. Halpert, C. F. Ropelewski, V. E. Kousky, A. V. Douglas, R. C. Schnell, M. E. Gelman // Bull. Am. Meteorol. Soc. – 1999. – Vol.80, Issue 5. – P. 1-48.

Надійшла до редколегії 12.01.2012

УДК 551.242.122

О. Р. АНДРИАНОВА, канд. геогр. наук

Отделение гидроакустики Морского гидрофизического института Национальной академии наук Украины, г. Одесса

КОЛЕБАНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ УРОВНЯ МОРЯ В ОДЕССЕ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 50 ЛЕТ

Исследованы колебания уровня Черного моря по рядам среднегодовых и среднемесячных высот его на станции Одесса–порт за весь период наблюдений с 1875 г. и проведено сравнение их с изменениями за последние 50 лет (1960-2010 гг.). Показан волновой характер его изменчивости с амплитудой 9-10 см и периодом 3-4 года на фоне тенденции поднятия уровня, сменяющейся со второй половины 90-х годов на понижение с 491 см в 1994 г. до 481 см – в 2007 г. Оценена амплитуда сезонных колебаний уровня моря в Одессе (13-20 см) и выявлено появление двух экстремумов в 50% случаев. Согласованность появления годов максимальных высот уровня в Черном море с годами Эль-Ниньо свидетельствует о существовании в Мировом океане единых процессов. Аномально высокие значения уровня на станции Одесса–порт в 2010 году подтверждают связь с явлением Эль-Ниньо, произошедшим зимой 2009-2010 гг.

Ключевые слова: уровень, тенденции, сезонный ход, амплитуда, период, экстремумы, Черное море

Андрианова О. Р. КОЛИВАННЯ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РІВНЯ МОРЯ В ОДЕСІ ЗА ОСТАННІ 50 РОКІВ

Досліджено коливання рівня Чорного моря по рядах середньорічних та середньомісячних висот його на станції Одеса-порт за весь період спостережень з 1875 р. і проведено порівняння їх зі змінами за останні 50 років (1960-2010 рр.). Показано хвильової характер його мінливості з амплітудою 9-10 см та періодом 3-4 роки на тлі тенденції підняття рівня, яка змінюється з другої половини 90-х років на зниження з 491 см в 1994 р. до 481 см - у 2007 р. Оцінено амплітуду сезонних коливань рівня моря в Одесі (13-20 см) та встановлена поява двох екстремумів у 50% випадків. Узгодженість появи років максимальних висот рівня в Чорному морі з роками Ель-Ніньо свідчить про існування в Світовому океані єдиних процесів. Аномально високі значення рівня на станції Одеса-порт у 2010 році підтверджують зв'язок з явищем Ель-Ніньо, що сталося взимку 2009-2010 рр.

Ключові слова: рівень, тенденції, сезонний хід, амплітуда, період, екстремуми, Чорне море

Andrianova O. R. THE FLUCTUATIONS AND TRENDS IN ODESSA SEA LEVEL DURING THE LAST 50 YEARS

The oscillations of the Black Sea level by the average annual and monthly values on the stations of the Odessa-port for the entire observation period from 1875 was researched and compared with changes in the last 50 years (1960 and 2010.). The wave nature of the sea level variability with amplitude of 9-10 cm and period of 3-4 years was shown on background trends to rise. The change of the trends on the fall has happened in the second half of the 90s (from 491 cm in 1994 to 481 cm - in 2007). The amplitude of the seasonal sea level fluctuations in Odessa was estimated (13-20 cm) and was detected the appearance of two extremes in 50% of cases. The correspondence of the maximum in sea level of the Black Sea with the years of El Niño indicates the existence in the World ocean of common processes. The abnormally high value of the sea level on the Odessa-port station in 2010 was confirmed the connection with the El Niño in winter 2009-2010.

Keywords: sea level, trend, seasonal variation, amplitude, period, extremes, the Black Sea

@ Андрианова О. Р., 2012

і

й

ш