

НИЗКОЧАСТОТНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ В СИСТЕМЕ ОКЕАН- АТМОСФЕРА ТИХОГО ОКЕАНА И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

М.Ю.Бардин, Е.Н.Воскресенская

Лаборатория комплексного мониторинга
Института глобального климата и
экологии ГУ Росгидромет и Института
географии РАН
mbardin@mecom.ru
Морской гидрофизический ин-
ститут НАН Украины
Lena14@souz.sebastopol.ua,

По ежедневным данным международного массива NCEP/NCAR за 1950-2000 гг. проанализирована десятилетняя - междесятилетняя изменчивость повторяемости и глубины циклонов в северной части Тихого океана, показаны особенности низкочастотной изменчивости системы океан-атмосфера, оказывающие влияние на формирование климатических аномалий

Введение. Взаимодействие океана и атмосферы десятилетнего - междесятилетнего масштаба играет важную климатообразующую роль. Среди основных квазидесятилетних значимых сигналов Атлантического и Тихого океанов обычно анализируют декадную моду североатлантического колебания (САК) и тихоокеанскую декадную осцилляцию (ТДО). Особенности изменчивости САК и механизм его влияния на климатические аномалии Европейского региона к настоящему времени достаточно подробно описаны, например [1, 2, 3]. ТДО как индикатор изменений климата на десятилетнем масштабе, впервые описана в конце 1990-х годов [4, 5]. Это колебание можно коротко охарактеризовать как квазипериодические изменения в системе океан-атмосфера в северной части Тихого океана. В качестве меры его изменчивости часто используют индекс ТДО, представляющий собой среднюю аномалию температуры поверхности океана (ТПО) Тихого океана между 20 и 60° с.ш. В работах [5, 6] и некоторых других публикациях последних лет показана важность учета десятилетней из-

менчивости в тихоокеанском климатическом секторе при оценке климатических тенденций на территории Северной Америки. Так, отмечено, например, что в периоды положительной фазы ТДО в северо-западной части Северной Америки отмечается тенденция к засухе, а на северо-востоке - к увлажнению. Отрицательной фазе этого колебания соответствует противоположный характер изменений на западе и востоке Северной Америки.

Характер изменчивости ТДО можно проиллюстрировать с помощью рис.1, на котором приведен временной ход соответствующего индекса за период с 1900 по 2002 гг. Обратим внимание на тот факт, что в приведенном временном ходе в течение ста предыдущих лет на фоне пятидесятишестидесятилетних колебаний выделяются квазидвадцатилетние изменения, а также колебания с масштабом 8-10-лет.

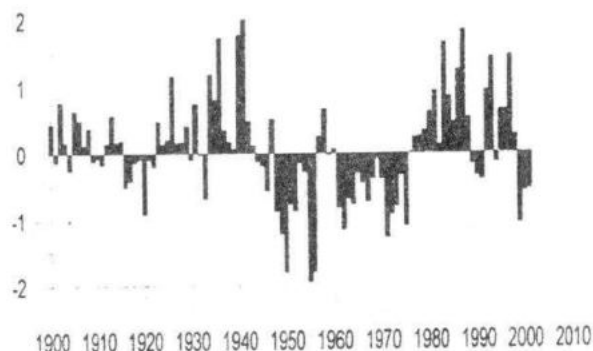


Рис. 1— Временной ход индекса ТДО в XX столетии.

Изучение низкочастотных процессов в других регионах указывает на наличие их связанности с тихоокеанскими десятилетними изменениями [4]. Однако отмеченные результаты получены на основании анализа долговременных массивов среднемесячных данных о приземном давлении, восстановленных по коротким рядам наблюдений. Такие результаты требуют дополнительного исследования и, возможно, уточнения с использованием более качественных материалов. В данной статье на примере изменчивости характеристик тихоокеанских циклонов анализируется возможный механизм формирования климатических аномалий под влиянием низкочастотной изменчивости ТПО на акватории Тихого океана.

Используемые данные и методика. В настоящей работе использованы данные из глобального массива NCEP/NCAR за 1952-2000 гг. на пространственной сетке 2.5×2.5 градуса. По выбранным из этого массива двухсрочным ежедневным данным о геопотенциале на изобарической поверхности 1000 м за синоптические сроки 0 и 12 часов GMT, проведено исследование характера изменчивости параметров циклонов в северной части Тихого океана. Отметим, что анализу качества данных ре-анализа и их пригодности для изучения климатических процессов разных масштабов были посвящены две специализированные конференции [7, 8]. В ходе этих конференций было показано, что такие данные вполне пригодны для надежного анализа синоптических процессов с характерными горизонтальными масштабами порядка 1000 км. Атмосферные циклоны, формирующиеся в северных частях Атлантического и Тихого океанов, как раз удовлетворяют этому условию.

Методика выделения циклонов заключалась в следующем. Пусть имеется область пониженного давления, ограниченная замкнутыми изобарами с центром в точке h , координаты которой f_h и l_h , и совпадает с узлом регулярной сетки. Тогда глубина синоптического вихря определяется как абсолютная величина разности давления между его центром и последней замкнутой изобарой (в настоящей работе анализировались изолинии с шагом 1 м). В случае несовпадения центра вихря с узлом пространственной сетки, центр определяется как геометрический центр фигуры, расположенной внутри ближайшей от узла изобары, давление на которой отличается от давления в узле сетки на 1 м (рис.2). Под относительной частотой циклонов здесь понимается отношение числа центров синоптических образований, обнаруженных в данном квадрате за анализируемый период, к общему числу проанализированных случаев (т.е. к удвоенному количеству суток для всего наблюдаемого периода, поскольку анализировались данные за два синоптических срока). Площадь синоптического образования определялась как площадь поверхности, ограниченной последней замкнутой изобарой.

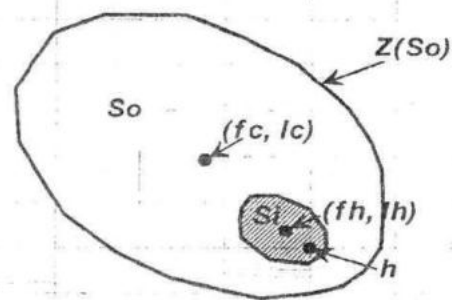


Рис. 2 – Иллюстрация к методике выделения циклонов

Результаты и обсуждение. С использованием описанных выше подходов рассчитывались среднемесячные характеристики циклонов для крупного региона Тихого океана, обозначенного на рис.3 как регион D. Его пределы ограничены координатами $35-65^\circ$ с.ш., $140-230^\circ$ в.д. В свою очередь, регион D был разделен на более мелкие области прямоугольной формы E, F, G, H, ограниченные, соответственно, координатами $35-45^\circ$ с.ш., $140-170^\circ$ в.д.; $45-65^\circ$ с.ш., $140-170^\circ$ в.д.; $45-65^\circ$ с.ш., $170-200^\circ$ в.д.; $45-65^\circ$ с.ш., $200-230^\circ$ в.д. Отметим, что в данном случае для удобства, долготы отсчитывались от Гринвичского меридиана на восток от 0° до 360° . Для каждой выделенной области оценивались величины повторяемости циклонов на межгодовом и десятилетнем масштабах, полученные в результате скользящего осреднения по 37 и 85 месяцам. Анализ активности циклогенеза на выделенных временных масштабах в отмеченных областях и преимущественные направления перемещения циклонов выполнялся целью выявления механизма распространения тихоокеанских аномалий в другие регионы.

Подход к исследованиям распространения аномалий Тихого океана был выбран по аналогии с проведенным ранее анализом североатлантических климатических процессов, выполненных в работах [1, 2, 3]. В них было показано, что в положительную фазу САК, сопровождаемую смещением его

центров действия атмосферы (ЦДА) – Азорского максимума и Исландского минимума к северо-востоку, траектории большей части североатлантических циклонов проходят по северу Европы, обуславливая там циклональные условия. Напротив, в отрицательную фазу САК, сопровождаемую смещением указанных ЦДА на юго-запад, циклональные условия формируются над Центральной Европой, включая Средиземноморский регион. Отметим, что положительная фаза ТДО сопровождается превышающим норму атмосферным приземным/высотным давлением над субтропической восточной частью Тихого океана и над западом Северной Америки и давлением ниже нормы над заливом Аляски и юго-востоком США, отрицательная фаза ТДО характеризуется аномалиями давления противоположного знака в отмеченных регионах [3]. При этом положительные фазы ТДО имеют тенденцию сопровождать экстремально теплые фазы цикла Эль-Нинья в Тропической зоне Тихого океана, в то время как отрицательные фазы чаще приурочены к экстремальным эпизодам Ла-Нинья [3, 9].

Возникает вопрос, каким образом формируются региональные проявления тихоокеанских аномалий ТПО десятилетнего масштаба. Некоторыми авторами, например, [3, 10] показано, что климатические аномалии параметров взаимодействия атмосферы и океана распространяются из Тихого океана на прилежащие континенты и в другие океаны с помощью стационарных волн Россби и синоптических атмосферных образований. Траектории последних обусловлены интенсивностью и положением ЦДА на соответствующих масштабах. Отметим, что по аналогии с процессами в Северной Атлантике, особенностью положительной фазы ТДО является углубление Алеутского минимума, сопровождающееся аномальным потеплением в прилегающих областях. В результате интенсифицируется (ослабляется) атмосферная циркуляция в Северо-Тихоокеанском регионе. Из рис. 3, на котором приведена карта пространственного распределения среднегодовых величин относительной повторяемости циклонов с шагом изолиний, составляющим 0.5% максимального числа повторений циклонов явно видно, что зона активности циклонов, характеризующая местоположе-

ние шторм - треков, расположена в умеренных широтах Тихого океана. Следует отметить, что области, в которых наблюдается наибольшее число циклонов, приурочены к

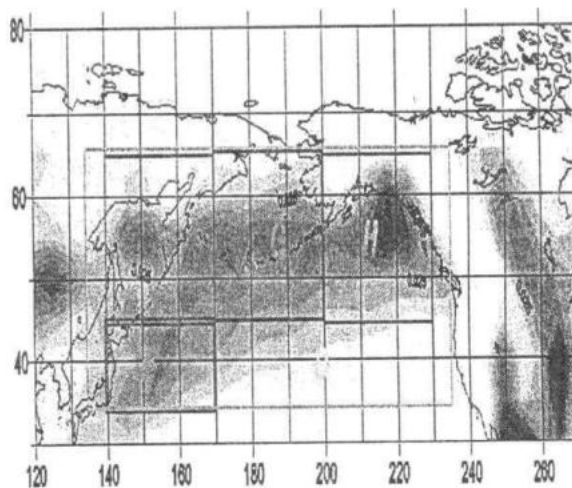


Рис. 3 – Среднегодовая повторяемость циклонов в Тихом океане (шаг изолиний – 0.5%). Прямоугольниками выделены области, для которых оценивалась временная изменчивость.

северной ветви субтропического океанического круговорота и южной границе субполярного круговорота, что указывает на важную роль океана в формировании погодноклиматических аномалий. В то же время, сравнение временного хода повторяемости циклонов в различных районах анализируемой части Тихого океана, приведенного на рис. 4, и индекса ТДО подтверждает, что при положительной фазе ТДО происходит интенсификация циклогенеза и смещение траекторий циклонов к северо-востоку. Относительная повторяемость циклонов в умеренных широтах достигает максимума над акваторией Тихого океана, что еще раз указывает на важную роль океана в колебаниях климата. Из приведенных иллюстраций видно, что абсолютный максимум в активности циклогенеза заметен на границе океана и береговых хребтов Скалистых гор на северо-западном Тихоокеанском побережье Северной Америки. Такие географические условия обеспечивают резкий температурный контраст океан-материк, что благоприятствует зарождению циклонов. Анализ временной изменчивости межгодового-декадного масштаба для четырех областей анализируемого региона E, F, G, H показал, что в измен-

чивости характеристик циклонов в выделенных областях проявляются квазипериодические колебания двух масштабов: десяти - двадцатилетнего и пятидесяти - шестидесятилетнего (рис. 4), которые совпадают с типичными масштабами ТДО, что видно при их сопоставлении с рис.1. В то же время, можно отметить более выраженную низкочастотную периодичность около 50 лет в восточном и центральном регионах на границе субтропического и полярного круговоротов (области F и G). Эта периодичность соответствует временному масштабу изменчивости глобальной термохалинной циркуляции.

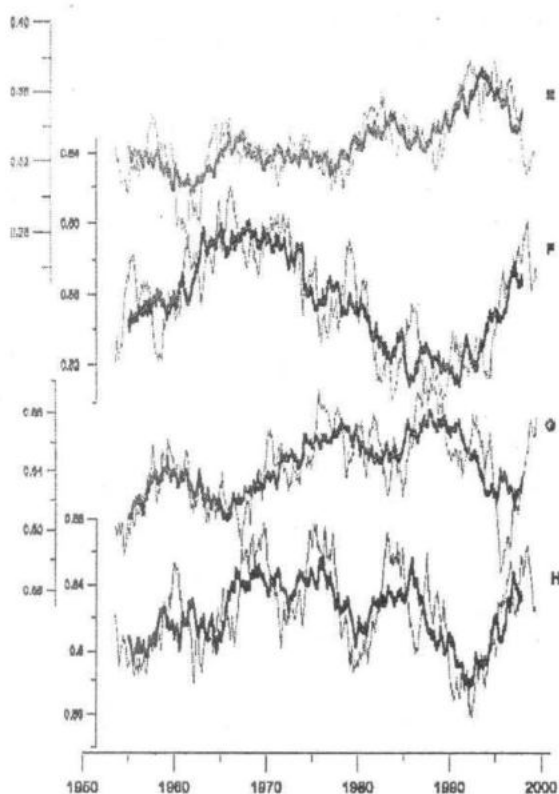


Рис. 4 – Временная изменчивость среднемесячной повторяемости циклонов в выделенных районах, полученная после скользящего осреднения по 37 месяцам (тонкие линии) и 85 месяцам (жирные линии).

Полученное распределение демонстрирует преимущественное направление перемещений атмосферных образований на северо-восток – юго-запад, максимальная повторяемость которых отмечается в крайней северо-восточной области Н. Это свиде-

тельствует о том, что атмосферный отклик проявляется в интенсификации циклогенеза и смещении траекторий циклонов к северо-востоку Тихого океана при повышении температуры поверхности, т.е. в период положительной фазы ТДО и к юго-западу при отрицательной аномалии ТПО, т.е., в противоположную фазу этого колебания. Подобная схема характерна для акватории Атлантического океана, это было получено в ряде работ, в том числе и отмеченных выше. Положительная фаза ТДО сопровождается усилением САК и, как следствие, интенсификацией зональной циркуляции в высоких широтах, наличие которой в последние 20-30 лет отмечалось несколькими авторами. Отрицательную фазу ТДО характеризуют, соответственно, аномалии противоположного знака. Полученный результат, указывающий на связь САК и ТДО, позволяет оценивать тенденцию изменчивости САК на десятилетнем масштабе.

В работе [3] показано, что максимальная изменчивость характеристик тихоокеанских циклонов отмечается в годы Эль-Ниньо, в то время как, периодичность более низкочастотных колебаний, модулирующих ЭНЮК, совпадает со сменой фаз ТДО в анализируемый период. Значимый климатический отклик в Европейском регионе на эти сигналы в той же работе показан на примере реакции межгодового-десятилетнего масштаба на примере изменчивости различных характеристик, включая стоки рек, гидрометеорологические поля, гляциологические параметры.

Из вышеизложенного ясно, что наблюдаемая изменчивость характеристик природной среды и климата не может быть объяснена изолированным действием климатических сигналов соответствующих масштабов. Она формируется в результате их взаимодействия.

Выводы. Региональные проявления десятилетних аномалий ТПО в Тихом океане обусловлены наличием атмосферного отклика соответствующего масштаба. Это проявляется в интенсификации/ослаблении циклогенеза и смещении траекторий циклонов к северо-востоку/юго-западу Тихого океана в положительную/отрицательную фазу ТДО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Czaja A., Frankignoul C. Influence of the North Atlantic SST on the atmospheric circulation // *Geoph. Res. Lett.* – 1999. –V. 26. – N19. –P. 2969-2972.
2. Hurrell J.W., Loon H. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic oscillation // *Climate Change.* – 1997. –N 36. – P. 301-326.
3. Воскресенская Е.Н. Глобальные процессы в системе океан - атмосфера и их влияние на природные аномалии Атлантико-Европейского региона / Диссертации на соискание ученой степени докт. географ. наук. – Севастополь.– 2005.– 408 с.
4. Minobe S. Resonance in bidecadal and pentadecadal climate oscillations over the North Pacific: Role in climatic regime shifts // *Geophys. Res. Lett.* – 1999. –V. 26. – N7. – P. 855-858.
5. Zhang, Y., Wallace, J.M. and Battisti, D.S. Pacific Decadal Variability: 1900-93 // 1997. – *J. Climate.* – 10. –1004-1020.
6. Enfield D., Mestas-Nunez A.M. Multiscale variability in global SST and their relationships with tropospheric climate patterns // *J. Climate.* –1999. –V.12. –N9. – P.2719–2733.
7. Proceedings of the first WCRP International Conference on Reanalyses//WCRP-WMO. – 1998.– No.876.– 481p.
8. Proceedings of the second WCRP International Conference on Re-analyses (Reading, 23-27 Aug.1999)// WCRP-WMO.– N 1.– 2000. – 452 p.
9. Barnston A., Livezey R. Classification, Seasonality and Persistence of Low-Frequency Atmospheric Circulation Patterns // *Monthly Weather Review.* – 1987. – V. 115. – N6. – P. 1083-1126.
10. Knippertz P., U. Ulbrich, F. Marques and J. Corte. Real Decadal Changes in the Link Between El-Nino and Springtime North Atlantic Oscillation and European-North Atlantic Rainfall // *Int. J. of Climatology.* –2003. – V. 23. –P. 1293-1311.