

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ТИХООКЕАНСКОГО РЕГИОНА В СВЯЗИ С СОБЫТИЯМИ ЭЛЬ-НИНЬО

По данным ре-анализа NCEP/NCAR за 1950-2008 гг. и массивов глобальных аномалий температуры поверхности океана и приземного атмосферного давления за 1856-2008 гг. (массивы Каплана) исследованы особенности гидрометеорологических полей Тихоокеанского региона в связи с событиями Эль-Ниньо разных типов.

Ключевые слова: *Эль-Ниньо разных типов, аномалии гидрометеорологических полей, частота и интенсивность циклонов.*

Введение. Среди глобальных сигналов межгодовой климатической изменчивости ведущее место занимает Эль-Ниньо - Южное Колебание (ЭНЮК). ЭНЮК проявляется в существенном потеплении поверхностных вод экваториальной зоны Тихого океана. Это вызывает крупномасштабную перестройку атмосферной циркуляции в тропическом регионе, которая, в свою очередь, посредством дальних связей оказывает воздействие на климат и погоду умеренных широт. Именно поэтому понимание механизма и эволюции этого явления может внести большой вклад в развитие новых методов долгосрочного прогноза погоды. Северная часть Тихого океана представляет особый интерес для исследователей, т.к. рассматривается в современной научной литературе как ключевое звено передачи сигнала ЭНЮК в Атлантико-Европейский регион [1].

Исследования последних лет показали, что все события ЭН различаются по характеру эволюции во времени и по интенсивности, что накладывает отпечаток на величину и знак аномалий в атмосфере и океане. В нашей работе [2] по результатам кластерного анализа была проведена классификация событий Эль-Ниньо (ЭН), выделены три типа ЭН (весенние, летне-осенние короткоживущие, летне-осенние продолжительные) и описаны их характеристики. Целью настоящей работы является исследование особенностей проявления событий ЭН разных типов в гидрометеорологических полях Тихоокеанского региона.

Данные и методика. В качестве исходных данных использовались массивы глобального ре-анализа NCEP/NCAR полей приземного атмосферного давления (сетка $2,5^\circ \times 2,5^\circ$), температуры воздуха на уровне 2 м (Гауссовская сетка с шагом $1,875^\circ$), полей геопотенциала 500 гПа и 50 гПа, за период 1950-2008 гг. Кроме этого использовались глобальные массивы данных аномалий температуры поверхности океана за 1856-2008 гг. на сетке $5^\circ \times 5^\circ$ [3] и аномалий приземного атмосферного давления за 1856-1992 гг. на сетке $4^\circ \times 4^\circ$ [4].

Для анализа исходных данных использовался метод композитов. Для каждого исследуемого параметра были построены композитные карты, соответствующие каждому типу ЭН. Аномалии вычислялись относительно средних многолетних величин. Кроме того, по данным о высоте геопотенциальной поверхности 1000 гПа из массива NCEP/NCAR по методике Бардина [5] были рассчитаны основные характеристики циклонов – частота дней с циклонами и интенсивность циклонов.

Результаты. Начало событий Эль-Ниньо «весеннего» типа (далее I типа) приходится на весну, событий «летне-осеннего короткоживущего» и «летне-осеннего продолжительного» типов (далее II и III типа соответственно) – на лето-осень, зрелая же фаза для всех типов событий достигается в декабре «0» года - январе «+1» года [2].

Именно в период зрелой фазы событий ЭН наблюдается максимальный отклик гидрометеорологических полей в северной части Тихого океана.

Отличительной чертой поля приземного атмосферного давления (ПАД) в тихоокеанском регионе зимой «+1» года является интенсификация и сдвиг на восток Алеутского минимума (рис.1). Наибольшие по модулю отрицательные аномалии ПАД (7-8 гПа) наблюдаются в январе «+1» года в период кульминации событий ЭН I и II типа. Падение атмосферного давления в Алеутском минимуме во время событий ЭН III типа составляет только 3-4 гПа и кроме Алеутского залива имеется вторая область отрицательных аномалий, расположенная над Беринговым морем.

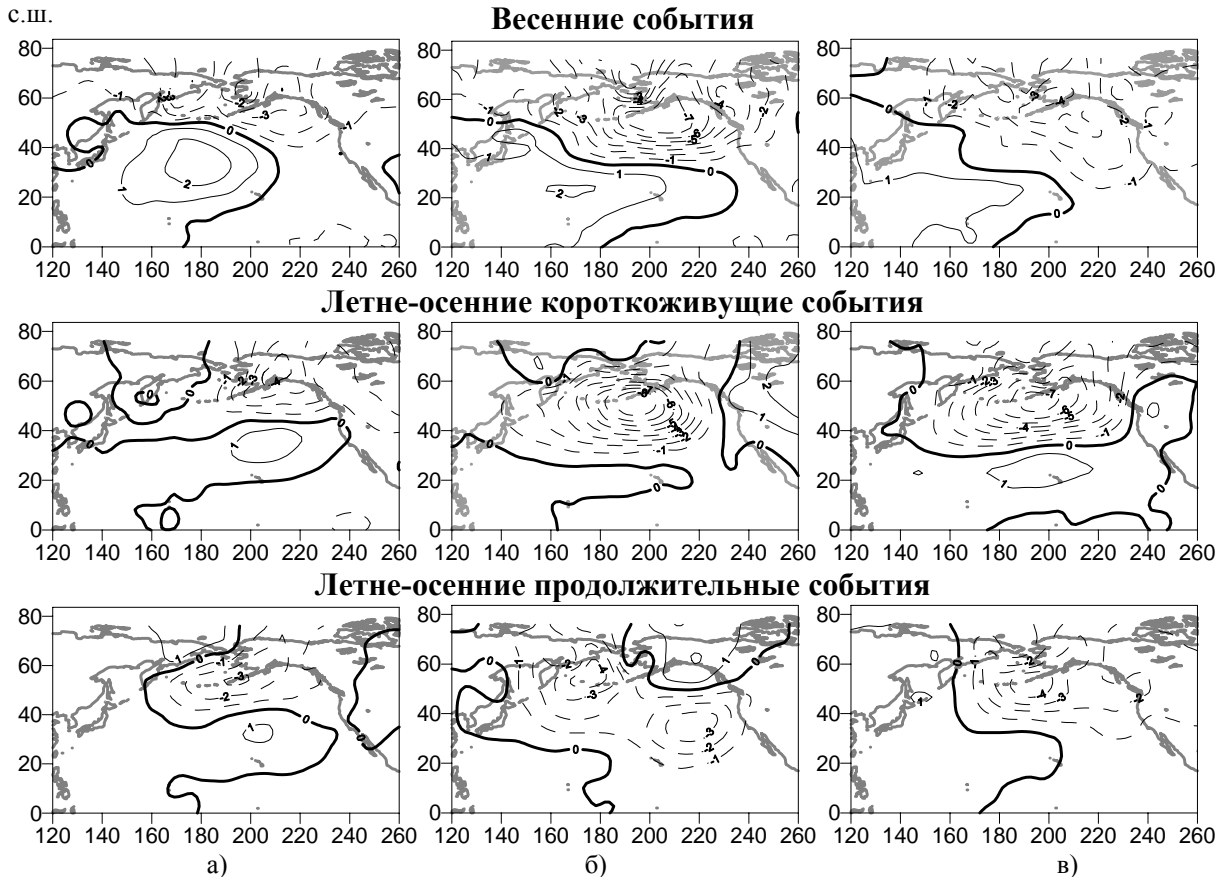


Рис.1 – Композитные аномалии ПАД в декабре «0» года (а), январе (б) и феврале (в) «+1» года для разных типов ЭН (по данным Каплана).

Углубление Алеутского минимума может быть вызвано повышением частоты повторяемости циклонов, либо увеличением их интенсивности. В северной части Тихого океана были выделены семь районов (рис.2) и для каждого района был проведен расчет этих двух показателей. В результате было получено, что в периоды событий I типа углубление Алеутского минимума происходит вследствие сдвига траекторий тихоокеанских циклонов на север. Это подтверждается данными табл.1, из которых видно, что ЭН I типа в январе «+1» года сопровождаются повышением частоты

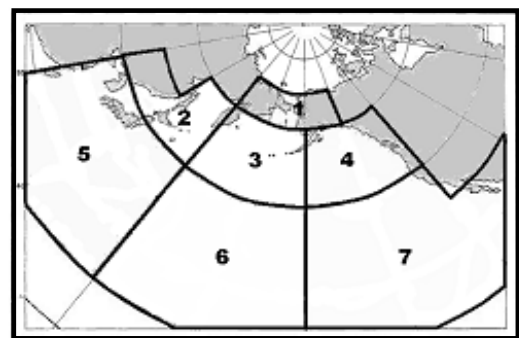


Рис.2 – Географическое положение выделенных районов в северной части Тихого океана.

Таблица 1 – Аномалии (в СКО) частоты повторяемости дней с циклонами (f) и интенсивности циклонов (i) в январе «+1» года на севере Тихого океана относительно средней величины за 1948-2006 гг.

Номер района	ЭН I типа		ЭН II типа		ЭН III типа	
	f	i	f	i	f	i
1	-0,61	-0,38	0,04	0,23	0,42	0,00
2	-0,78	-0,26	-0,35	-0,31	-0,36	0,57
3	0,41	-0,55	-0,05	0,53	-0,54	1,26
4	0,79	0,32	-0,19	0,27	0,07	0,88
5	0,08	-0,11	0,07	-0,35	-0,34	-1,01
6	-0,51	-0,30	-0,21	0,49	-0,51	1,00
7	-0,97	-0,60	-0,12	-0,13	1,24	0,61

повторяемости дней с циклонами в квадратах 3 и 4, и понижением величины этого параметра в квадратах 1, 2, 6 и 7. В периоды событий ЭН II типа траектории циклонов зимой «+1» года меняются незначительно, но отмечается увеличение интенсивности циклонических образований в квадратах 1, 3, 4 и 6 (см. табл.1). Более сложная картина наблюдается в периоды событий ЭН III типа. С одной стороны, в эти периоды наблюдается рост частоты повторяемости дней с циклонами на востоке Тихого океана (особенно в квадрате 7), с другой стороны, повторяемость снижается во всех квадратах на западе Тихого океана. Следовательно, процесс циклогенеза подавлен на западе Тихого океана. Наиболее вероятно, это происходит по причине повышения частоты антициклональных блокингов. Известно, что зимой над теплыми океаническими течениями создаются благоприятные условия для возникновения и существования блокирующих антициклонов [6]. В годы событий ЭН III типа температура поверхности океана и температура воздуха в области теплог тихоокеанского течения Куроисио выше климатической нормы на 1-2°C (рис. 3 и 6), поэтому вероятность возникновения антициклональных блокингов здесь значительно возрастает. Траектории же циклонов в умеренных широтах Тихого океана ориентированы не в зональном направлении, а имеют существенную меридиональную компоненту. Приведенные факты свидетельствуют о преобладании зонального типа циркуляции в умеренных широтах над Тихим океаном в годы ЭН I и II типа и меридионального – в годы ЭН III типа.

Сдвиг на север шторм-треков тихоокеанских циклонов при ЭН I типа препятствует проникновению холодного арктического воздуха в умеренные широты и способствует адвекции относительно теплого умеренного морского воздуха на территорию Северной Америки. Поэтому средняя температура воздуха зимой «+1» года во время весенних событий ЭН в полосе широт от 40° до 60° с.ш. оказывается на 1-2°C выше климатической нормы (рис.3). Напротив, более суровая, чем обычно зима отмечается над Чукоткой, Охотским морем и северной частью Аляски (отрицательные аномалии температуры воздуха достигают -2-3°C).

В период событий II типа зимой «+1» года (в отличие от событий I типа) положительные аномалии приземной температуры воздуха (+2+3°C) наблюдаются почти повсеместно к северу от 70° с.ш. за исключением островов Канадского арктического архипелага. Анализ полей приземного атмосферного давления с более детальным пространственным разрешением из массива re-анализа NCEP/NCAR показал, что Сибирский антициклон в годы событий ЭН II типа смещается на юг, и в полярных и ультраполярных широтах преобладает циклоническая циркуляция. Атлантические циклоны проникают далеко на север, что и обуславливает высокий фон

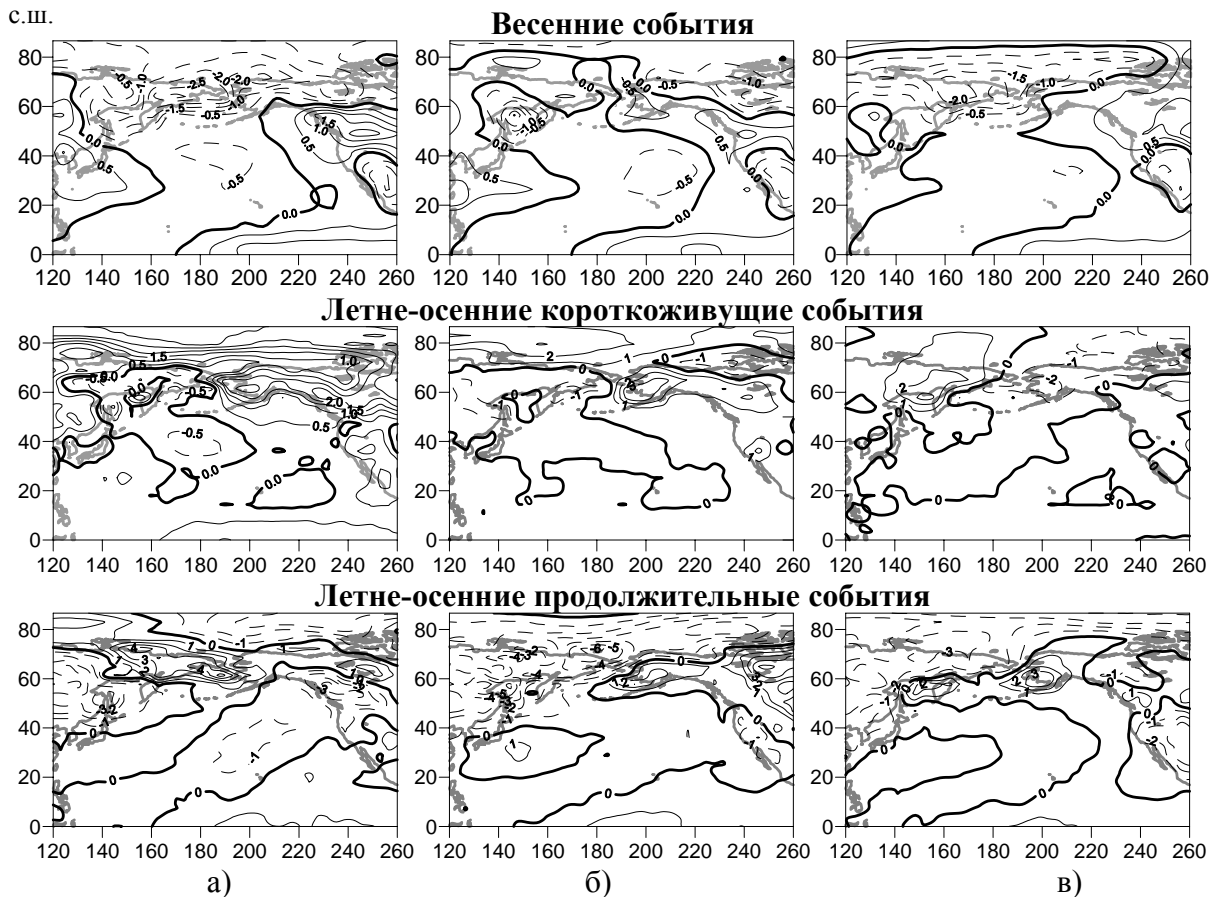


Рис.3 – Композитные аномалии приземной температуры воздуха (ПТВ) в декабре «0» года (а), январе (б) и феврале (в) «+1» года для разных типов ЭН (по данным ре-анализа NCEP/NCAR).

зимних температур в полярных широтах. Появление области отрицательных аномалий температуры воздуха в центре Тихого океана ($-0,5^{\circ}\text{C}$) связано с охлаждением поверхностных вод в данном районе.

Структура поля аномалий приземной температуры воздуха в годы ЭН III типа в общих чертах напоминает структуру поля аномалий ПТВ в годы ЭН I типа. В декабре «0» года на большей части Тихоокеанского региона и прилегающих континентов (за исключением севера Восточной Сибири и Чукотки) наблюдаются отрицательные аномалии температуры воздуха, достигающие -4°C в Приморском крае и на северо-западе Канады. В январе «+1» года над Северной Америкой отмечаются уже положительные аномалии среднемесячной температуры воздуха (до $+5^{\circ}\text{C}$), а над восточными районами Евразии и в полярных широтах – отрицательные аномалии (до -6°C). Наконец, в феврале «+1» года над Евразией и Северной Америкой среднемесячная температура ниже средней многолетней и только над Охотским морем, юго-западной оконечностью полуострова Аляски и небольшой областью в районе Скалистых гор – выше средней многолетней температуры. Такое пространственное распределение аномалий температуры воздуха сложилось в результате преобладания атмосферных процессов меридионального типа в тихоокеанском регионе и особенностей поля температуры поверхности океана.

Перестройка циркуляции в период Эль-Ниньо охватывает всю тропосферу северного полушария. По мере смещения основного центра конвекции в тропиках на восток – от берегов Индонезии в центр Тихого океана – в средней и верхней

тропосфере изменяется географическое положение и амплитуда квазистационарных волн, а также направление и интенсивность тропосферных струйных течений над Тихим океаном и Северной Америкой. Поле геопотенциала АТ500 над Тихим океаном характеризуется наличием гребня высокого давления над его восточной частью и ложбины над его западной частью. В годы ЭН I типа ложбина над западной частью Тихого океана смещается на восток (рис.4), что и обуславливает отрицательные аномалии геопотенциала в районе Алеутского полуострова и отрицательные аномалии температуры воздуха в слое 0-5 км. Субтропическая зона высокого давления проходит на 2°-3° севернее своего многолетнего положения. Это приводит к обострению высотной фронтальной зоны и усилению скорости струйного течения на востоке Тихого океана.

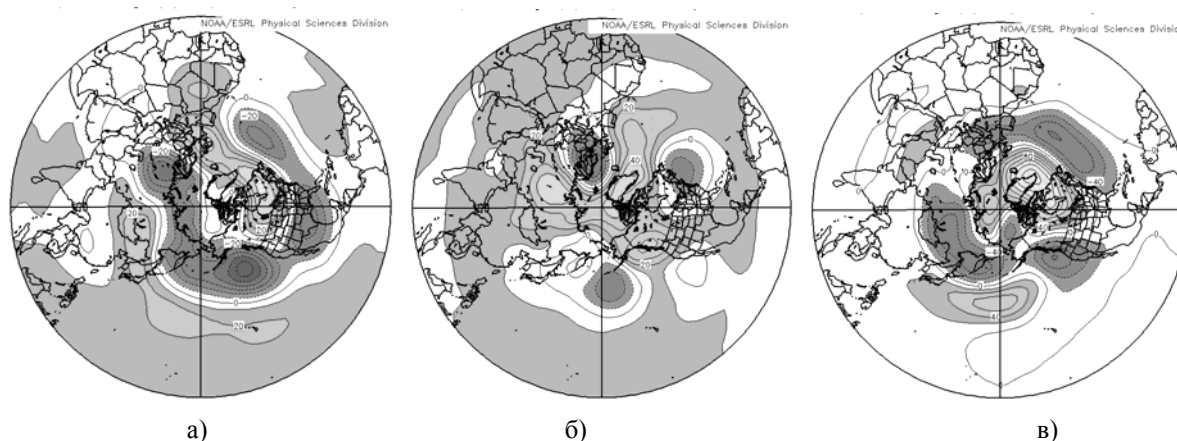


Рис.4 – Композитные аномалии высоты геопотенциала поверхности 500 гПа (дам) в январе-феврале «+1» года для разных типов ЭН по данным NCEP/NCAR: а) весеннего; б) летне-осеннего короткоживущего; в) летне-осеннего продолжительного.

В годы ЭН II типа отмечается смещение гребня вдоль западного побережья Северной Америки на север. Теплая воздушная масса, проникая в субполярные и полярные широты, вызывает положительные аномалии геопотенциала и температуры воздуха. Холодная ложбина в полосе широт от 50° с.ш. до 60° с.ш. обнаруживается восточнее своего климатического положения, т.е. холодный воздух из своего очага над Охотским морем распространяется в центр Тихого океана. В районе линии перемены дат над Беринговым морем значительно усиливаются температурные контрасты, и, как следствие, возрастает неустойчивость воздушных масс. Именно этот фактор способствует росту интенсивности циклонических образований в центре Берингова моря (табл.1).

В годы ЭН III типа холод в средней тропосфере также распространяется на восток вблизи Алеутского полуострова.

В ряде работ зарубежных и отечественных специалистов было показано, что на циркуляцию атмосферы в Атлантико-Европейском регионе влияет стратосфера, особенно состояние полярного вихря [7]. Известно, что Эль-Ниньо оказывает значительное влияние на нижнестратосферный циркумполярный вихрь. Следовательно, чтобы лучше понять влияние ЭНЮК на климат Европы нужно рассмотреть влияние ЭН на стратосферу.

В период зрелой фазы ЭНЮК аномалии температуры поверхности океана (ТПО) в тропиках Тихого океана могут достигать +5+7°C. Очаг термического возбуждения такого рода является источником стационарных планетарных волн, проникающих из тропосферы в стратосферу в зимний период. Эти волны играют важную роль в

динамике стратосферы: они взаимодействуют со средней стратосферной циркуляцией, переносят озон в стратосферу и считаются основной причиной внезапных стратосферных потеплений (ВСП). Во время ВСП происходит значительное увеличение температуры полярной стратосферы и замедление зональной циркуляции, при этом сам полярный вихрь может смещаться от полюса или деформироваться. Еще *van Loon and Labitzke* [8] обнаружили, что события ЭНЮК связаны со слабым стратосферным циркумполярным вихрем. Согласно их исследованиям в период зрелой фазы ЭНЮК в нижней стратосфере сильные положительные аномалии геопотенциала обнаруживаются над полюсом, а в умеренных широтах появляется пояс отрицательных аномалий с центрами над Западной Европой и Охотским морем. Описанная ситуация полностью совпадает с полем композитных аномалий геопотенциала АТ50 для событий ЭН III типа (рис.5в). Однако во время событий ЭН I и II типа наблюдается смещение циркумполярного циклона в район Скандинавии. При этом область наибольших положительных аномалий геопотенциала АТ50 локализована либо над Восточной Сибирью в районе моря Лаптевых (ЭН I типа), либо над Северной Америкой в районе моря Бофорта (ЭН II типа). Что касается температуры воздуха на АТ50, то областям положительных аномалий геопотенциала на изобарической поверхности 50 гПа соответствовали области положительных аномалий температур и наоборот (рисунок не приведен). Максимальные по величине композитные аномалии температуры АТ50 в феврале «+1» года составили +3К, +2К и +10К для событий ЭН I, II и III типа соответственно.

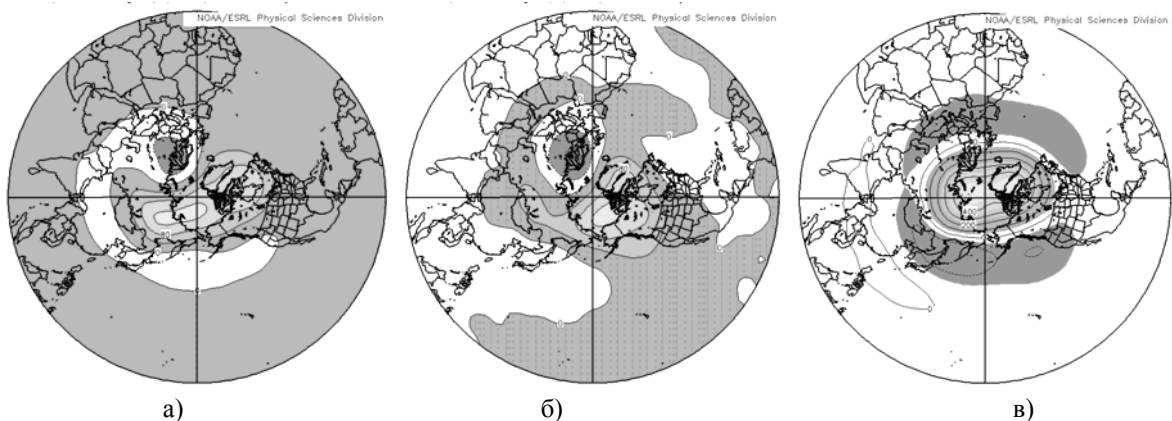


Рис.5 – Аномалии поля геопотенциала изобарической поверхности АТ50 (дам) в феврале «+1» года для событий Эль-Ниньо: а) весеннего; б) летне-осеннего короткоживущего; в) летне-осеннего продолжительного.

В дальнейшем потепление в нижней стратосфере постепенно распространяется вниз к тропопаузе [9]. Этот процесс является очень важным, т.к. может воздействовать на сигнал ЭНЮК в нижней и средней тропосфере в Европейском регионе. *Brönnimann* в работе [1] приводит данные, что коэффициент корреляции индекса NINO3.4, рассчитанного для холодной половины года после удаления низкочастотной компоненты, и индекса слабости циркумполярного вихря на поверхности 100 гПа составил 0,42. Причем, эта связь не только была статистически значима на очень высоком уровне ($p < 0,05$), но и превышала корреляции обычно обнаруживаемые между ЭНЮК и переменными, характеризующими европейский климат. Исследования отечественных метеорологов [10] показали, что потепление стратосферного вихря и его замедление приводят к активизации процессов меридионального типа в Атлантико-Европейском регионе. При этом повышается частота блокировок, и в Украине наблюдаются длительные потепления или похолодания.

В поле ТПО зимой «+1» года вследствие интенсификации Алеутского минимума во время кульминации событий ЭН I и II типа появляются холодные аномалии в центре Берингова моря и теплые аномалии вдоль тихоокеанского побережья Аляски (рис. 6а и 6б). В отличие от них зимой «+1» года во время кульминации событий ЭН III типа в центре Тихого океана в умеренных широтах температура воды на 1°С выше климатической нормы. Очевидно, это вызвано повышением температуры течения Куроисио.

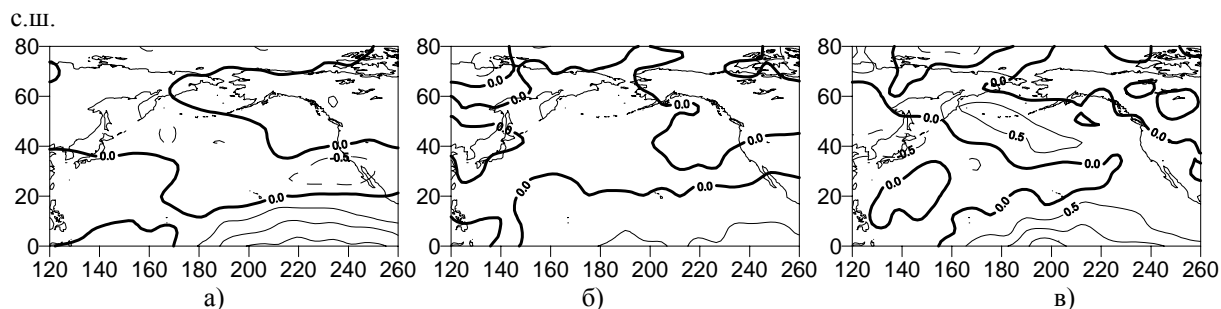


Рис.6 – Композитные аномалии поля температуры поверхности океана в январе-феврале «+1» года для событий Эль-Ниньо: а) весеннего; б) летне-осеннего короткоживущего; в) летне-осеннего продолжительного.

Выводы. Эль-Ниньо – один из главных крупномасштабных сигналов в системе океан-атмосфера, который вызывает значительную перестройку гидрометеорологических полей в Тихоокеанском регионе. Знак и величина аномалий температуры воды и воздуха, атмосферного давления в период зрелой фазы событий Эль-Ниньо (зимой «+1» года) определяется типом события.

1. В поле приземного атмосферного давления зимой «+1» года все события Эль-Ниньо сопровождаются интенсификацией Алеутского минимума. Это связано со сдвигом на север шторм-треков тихоокеанских циклонов (события весеннего типа), ростом интенсивности циклонических образований (летне-осенние короткоживущие события) и преобладанием циркуляции меридионального типа (летне-осенние продолжительные события).

2. В годы событий ЭН весеннего и летне-осеннего продолжительного типа аномально теплые зимы наблюдаются на территории Северной Америки и аномально холодные – в полярных районах. В отличие от них, в годы летне-осенних короткоживущих событий полярная зона Тихоокеанского сектора (полностью или частично) находится в области положительных аномалий зимних температур.

3. В средней тропосфере во время событий ЭН изменяется географическое положение и амплитуда квазистационарных волн, а также направление и интенсивность тропосферных струйных течений над Тихим океаном и Северной Америкой.

4. В нижней стратосфере зимой «+1» года наблюдается потепление циркумполярного вихря (наибольшее – во время событий ЭН летне-осеннего продолжительного типа). При этом центр циркумполярного вихря смещается от полюса в район моря Лаптевых- моря Бофорта в случае ЭН весеннего и летне-осеннего короткоживущего типа и не смещается в случае ЭН весеннего и летне-осеннего короткоживущего типа.

5. В поле температуры поверхности океана зимой «+1» года событий ЭН весеннего и летне-осеннего короткоживущего типа появляются холодные аномалии в центре Берингова моря и теплые аномалии вдоль тихоокеанского побережья Аляски. Во время кульминации событий ЭН летне-осеннего продолжительного типа в центре

Тихого океана в умеренных широтах температура воды превышает климатическую норму.

Список литературы

1. Brönnimann S. The impact of El Niño/Southern Oscillation on European climate // *Climate Dynamics*. – 2007. – V.28. – PP. 181–197. DOI 10.1007/s00382-006-0175-z.
2. Воскресенская Е.Н., Михайлова Н.В. Классификация событий Эль-Ниньо и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе // *Доповіді НАН України*. – 2010. – №3. – С. 124-130.
3. Kaplan A., Cane M., Kushnir Y., Clement A., Blumenthal M., Rajagopalan B. Analyses of global sea surface temperature 1856-1991 // *J. Geoph. Res.* – 1998. – V.103. – PP. 18567–18589.
4. Kaplan A., Kushnir Y., Cane M.A. Reduced space optimal interpolation of historical marine sea level pressure // *J. Climate*. – 2000. – V.13. – PP. 2987–3002.
5. Бардин М.Ю. Изменчивость характеристик циклонической активности в средней тропосфере умеренных широт Северного полушария // *Метеорология и Гидрология*. –1995. – № 11. – С. 24–37.
6. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
7. Baldwin M.P. Dunkerton T.J. Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes // *Science*. – 2001. – V.294. – PP. 581–584.
8. van Loon H. Labitzke K. The Southern Oscillation. Part V: The anomalies in the lower stratosphere of the Northern Hemisphere in winter and a comparison with the Quasi-Biennial Oscillation // *Mon. Wea. Rev.* – 1987. – V.115. – PP. 357–369.
9. Garcia-Herrera R., Calvo N., Garcia R.R., Giorgetta M.A. Propagation of ENSO temperature signals into the middle atmosphere: A comparison of two general circulation models and ERA-40 reanalysis data // *J. Geophys. Res.* – 2006. – V.111. – D06101, doi:10.1029/2005JD006061.
10. Мартазинова В.Ф., Остапчук В.В. Взаимозависимость процессов циркуляции в тропосфере и стратосфере при кратковременных и длительных потеплениях и похолоданиях в Украине // *Наук. праці УкрНДГМІ*. – 2004. – Вып. 253. – С. 27-36.

Особливості гідрометеорологічних полів Тихоокеанського регіону у зв'язку з подіями Ель-Нін'ю. Воскресенська О.М., Михайлова Н.В., Маслова В.Н.

За даними ре-аналізу NCEP/NCAR за 1950-2008 рр. і масивів глобальних аномалій температури поверхні океану і приземного атмосферного тиску за 1856-2008 рр. (масиви Каплана) досліджені особливості гідрометеорологічних полів Тихоокеанського регіону у зв'язку з подіями Ель-Нін'ю різних типів.

Ключові слова: Ель-Нін'ю різних типів, аномалії гідрометеорологічних полів, частота і інтенсивність циклонів.

The features of the Pacific hydrometeorological fields in connection with El Nino events.

Voskresenskaya E.N., Mikhailova N.V., Maslova V.N.

Using re-analysis of NCEP/NCAR for 1950-2008 and global anomalies of sea surface temperature and sea level atmospheric pressure for 1856-2008 (Kaplan's data sets) the features of the Pacific hydrometeorological fields in connection with El Nino events of different types are considered.

Keywords: El Nino of different types, anomalies of the hydrometeorological fields, frequency and intensity of cyclones.