

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОМЕТЕОХАРАКТЕРИСТИК ЧЕРНОМОРСКОГО РЕГИОНА ПОД ВЛИЯНИЕМ РАЗНЫХ ТИПОВ ЭЛЬ-НИНЬО

Е.Н. Воскресенская, Н.В. Михайлова

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
Lenal4@souz.sebastopol.ua

По данным международного массива NCEP/NCAR за 1950-2001 г.г. анализируются особенности региональных проявлений событий Эль-Ниньо - Южное колебание (ЭНЮК) в отдельных гидрометеорологических полях Черноморского региона. Указанные особенности объясняются, прежде всего, различием характера тихоокеанских аномалий, сопровождающих эти события. Все ЭНЮК расклассифицированы по критерию начала и продолжительности событий. Описаны проявления ЭНЮК в Черноморском регионе.

Исследования региональных проявлений Эль-Ниньо - Южное колебание (ЭНЮК) указывают на важную роль аномалий атмосферной циркуляции, связанной с термическими аномалиями в Тихом океане, в формировании аномальных погодноклиматических условий в других регионах Земного шара [1, 2 и др.]. Необходимо также отметить увеличение количества работ, в которых исследуется влияние ЭНЮК на Атлантико-Европейский регион [3, 4, 5]. Однако, в литературе достаточно часто встречаются противоречивые результаты. Неоднозначность выводов об Атлантико-Европейских проявлениях ЭНЮК связано с тем, что эти события имеют индивидуальный характер [6, 7]. При этом присущие им общие черты могут позволить выделить события одинакового типа. На процесс генерации и релаксации этих событий оказывают прямое влияние положительные и отрицательные связи в системе океан-атмосфера. Особого внимания заслуживают аномальные внутrigодовые и внутрисезонные процессы в период ЭНЮК, имеющие региональные физико-географические проявления.

В настоящей работе с использованием глобальных данных реанализа NCEP/NCAR проводился композитный анализ аномалий температуры поверхности океана (ТПО) в

экваториальной тихоокеанской зоне и их региональных проявлений на протяжении всех этапов существования событий ЭНЮК.

Наиболее простая классификация по времени начала развития ЭНЮК и наступления его зрелой фазы выявляет два характерных типа "весенний" и "летне-осенний" тип ЭНЮК. Первый, более традиционный, при котором начало ЭНЮК отмечается с февраля по июнь, а второй тип, когда начало события смещается на июль-октябрь. Заметим, что наиболее часто в качестве критерия для выделения события ЭНЮК используется не только индекс южного колебания, но также и аномалия ТПО в районе Nino-3,4 (далее индекса Nino-3,4), которая в течение 5 месяцев превышает 0.5°C . Под индексом Nino-3,4 понимается аномалия ТПО в экваториальной зоне Тихого океана, осредненная между $5^{\circ}\text{ю.ш.} - 5^{\circ}\text{с.ш.}$ и $170^{\circ}\text{з.д.} - 120^{\circ}\text{в.д.}$ Указанный регион характеризуется высокими аномалиями ТПО в периоды Эль-Ниньо, а индекс Nino-3.4 достаточно хорошо коррелирует с индексом ЮК (около 0.9 при 5-месячном скользянии). В то же время этот район включает область, которая в течение года характеризуется большими величинами температурных зональных градиентов вдоль экватора. В связи с этим аномалии в указанном регионе часто рассматривают как хороший индикатор для выявления особенностей события ЭНЮК.

Анализ каждого типа аномальных условий в Тихом океане показал, что весенний тип ЭНЮК отличается большей амплитудой изменчивости гидрометеорологических полей, достигает зрелой фазы зимой Северного полушария и характер его развития бывает относительно монотонным. Напротив, летне-осенние события имеют сравнительно меньшую амплитуду и не всегда бывают четко выраженными, характер их поведения не столь монотонен. Подобные выводы получены недавно также по архивным данным [8] и с использованием численного моделирования [7]. Охарактеризуем особенности развития аномальных условий по месяцам в течение разных событий ЭНЮК в период с 1871 по 2000гг. на основании рис. 1, построенного по данным, размещенным на сайте <http://www.cgd.ucar.edu>. На рис. 1 а приведены гистограммы частоты наступления зрелой фазы ЭНЮК по

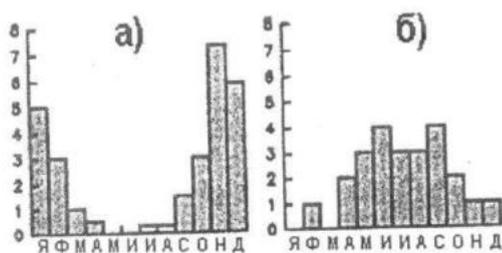


Рис. 1 – Гистограммы частоты наступления максимума индекса NINO 3,4 по месяцам (а) и месяц начала ЭНЮК (б) (по [9])

месяцам, включая случаи, когда максимум ТПО наблюдался в течение двух-трех месяцев. Таким образом, в данном случае 28 пиков ТПО соответствуют 24 событиям ЭНЮК. Месяцы начала аномальных событий видны из рис. 1 б. Отметим, что из 24 событий, которые имели место в указанный период, почти все аномалии ТПО достигали максимального развития в осенне-зимний сезон. Такой результат согласуется с традиционным описанием ЭНЮК. Однако здесь не видна абсолютная согласованность с типичным ЭНЮК по времени начала развития события: его диапазон варьирует от февраля до декабря. В итоге, по последнему критерию из всех 24 рассмотренных событий ЭНЮК было выделено 10 событий весеннего типа и 14 летне-осенних событий, которые начинались с февраля по июнь и с июля по декабрь, соответственно. Временная изменчивость индекса NINO 3,4 и индекса ЮК для каждого типа ЭНЮК (рис. 2) показывает, что явления ЭНЮК весеннего типа отличаются большими амплитудами, их характеризуют также монотонное развитие аномалии от начала события до его зрелой фазы. Напротив, для летне-осенних событий нетипичны большие величины температурных аномалий, а характер развития таких явлений ЭНЮК немонотонный. В частности, после первого максимума, отмечаемого в течение “0 года”, среди 14 событий этого типа в 7 случаях аномалии сохраняются в течение “+1 года”, причем характер их изменений не всегда монотонен. Это относительно “кратковременных” ЭНЮК. Другие 7 событий характеризуются значимыми аномалиями NINO-3,4 и после зрелой фазы (на протяжении “+2” года). Это относится к “долгоживущим” ЭНЮК. Такие же

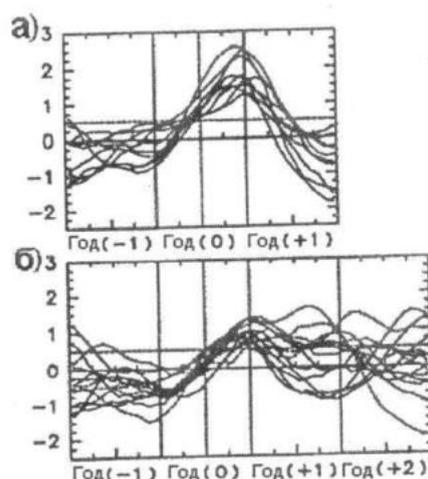


Рис. 2 – Временной ход индекса NINO 3,4 для 10 событий весеннего типа (а) и 14 событий летне-осеннего типа (б) за период с 1871 по 2000 г.г. (по [9])

особенности летне-осеннего типа ЭНЮК показали результаты моделирования [8]. В этой связи, авторы работы [9] также выделили два подтипа летне-осеннего ЭНЮК. К первому подтипу относятся “кратковременные” ЭНЮК, ко второму – “долгоживущие”.

Существенная особенность, присущая всем типам ЭНЮК и состоит в том, что аномалии ТПО, соответствующие зрелой фазе развития этих событий, достигают максимума именно в холодный период. Поэтому построенные и проанализированные выше композитные аномалии температуры и давления для всех ЭНЮК (без разделения их на типы) можно рассматривать в качестве хорошего первого приближения, подчеркивающего основные особенности проявлений тихоокеанских аномалий. Вместе с тем разделение ЭНЮК по типам позволяет уточнить эти особенности. Их различия наглядно демонстрирует рис. 3, где приведены композитные карты распределения аномалий средней температуры верхнего 300 м слоя океана в течение месяца, когда индекс Nino-3,4 достигал максимума. Композиты построены по данным [9] за последние 40 лет с 1961 по 2000: (а) для обычных, весенних событий, (б) для летне-осенних - долгоживущих и (в) - непродолжительных. Приведенные океанические аномалии различаются между собой также по амплитуде и площади распространения.

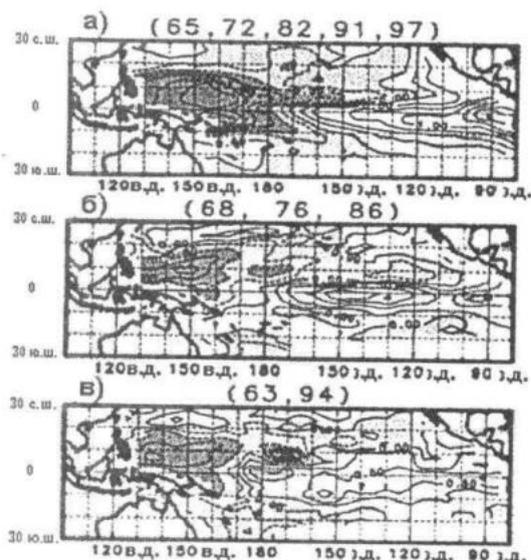
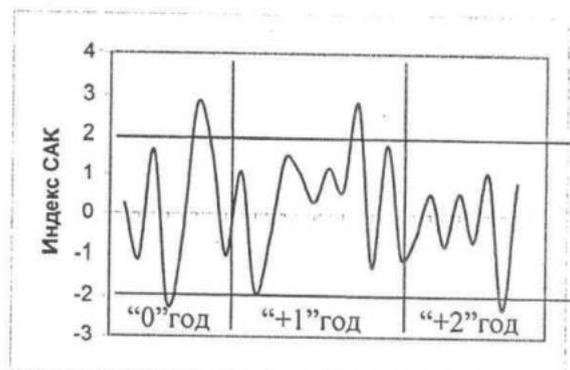


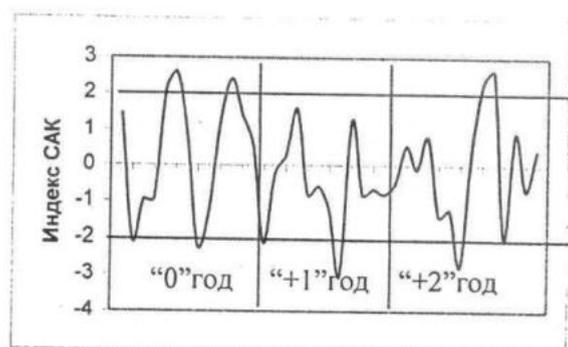
Рис. 3 – Композиты пространственного распределения аномалий теплозапаса верхнего 300-метрового слоя (в терминах средней температуры слоя) в месяцы максимальных величин индекса NINO 3,4 для ЭНЮК: весеннего типа (а), летне-осеннего долгоживущего (б) и летне-осеннего кратковременного (в) за период 1961-2000 г.г. Контурный интервал изолиний 0.25°C

Описанные различия аномалий ТПО за счет процессов атмосферной циркуляции имеют глобальные региональные проявления, в том числе и в Европейском регионе, включая Черноморско-Средиземноморскую его часть. В настоящей работе особое внимание уделялось отличиям проявления ЭНЮК весеннего типа и летне-осеннего долгоживущего ЭНЮК. При этом более детально анализировалась изменчивость северо-атлантического колебания (САК) в течение всех этапов индивидуальных событий каждого типа от их начала до окончания. На рис. 4 приведены графики изменчивости индекса САК в течение событий ЭНЮК весеннего типа (а) и летне-осеннего (б), полученные в результате осреднения индекса в соответствующие периоды.

По аналогии с композитами аномалий ТПО в Тихом океане были получены композитные карты распределения глобального поля приземного атмосферного давления (ПАД), аномалий ПАД относительно среднеклиматических величин за соответствующий месяц для всех фаз существования весеннего типа ЭНЮК (рис. 5) и летне-осеннего долгоживущего (рис. 6).



а

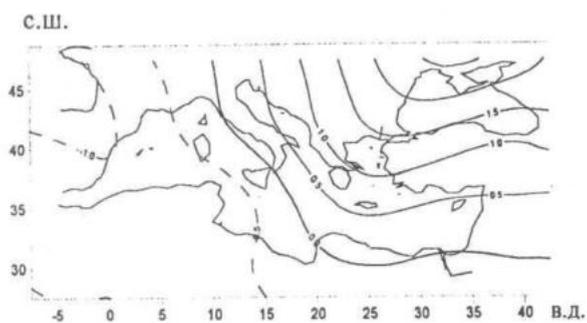


б

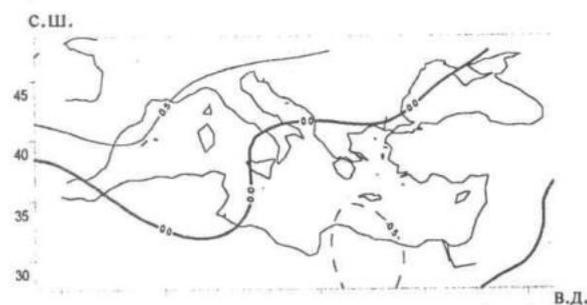
Рис. 4 – Временной ход индекса САК, осредненного для ЭНЮК весеннего типа (а) и ЭНЮК летне-осеннего типа (б) за период с 1950 по 2001 г.г. Границы значимых аномалий отмечены горизонтальными линиями

Региональные проявления весеннего типа ЭНЮК значимы на 95% уровне и обуславливают около 25% природных аномалий Атлантико-Европейского региона.

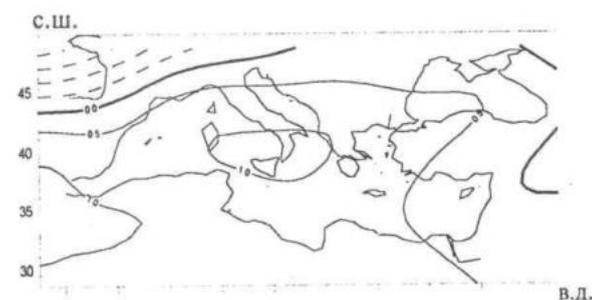
С точки зрения глобальности обращает на себя внимание тот факт, что перед началом ЭНЮК весеннего типа центры действия атмосферы (ЦДА) смещаются по широте и долготе. Вместе с тем, как показано в работе [6], в январе "0" года наблюдается чередование положительных и отрицательных аномалий атмосферного давления вдоль полосы средних широт Северного полушария. Скорее всего, это - проявление квазистационарных длинных волн, возникающих непосредственно перед началом ЭНЮК. При этом интенсивность САК, ответственная за формирование европейских климатических аномалий, возрастает. Положительные аномалии ПАД концентрируются над центральной частью Северной



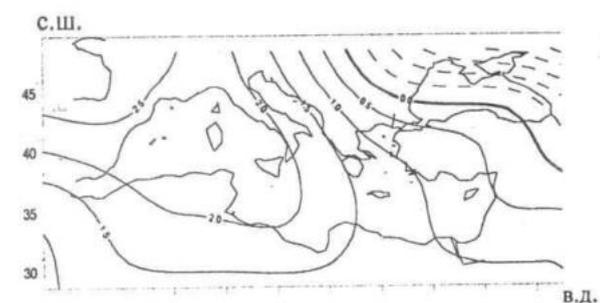
а



б

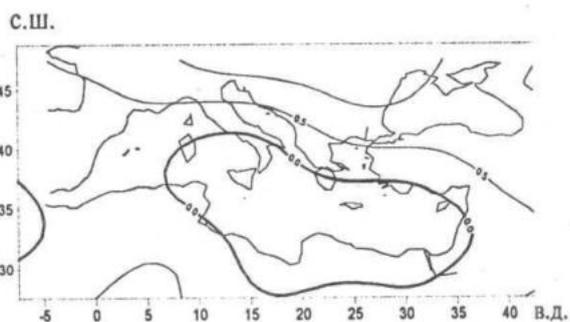


в

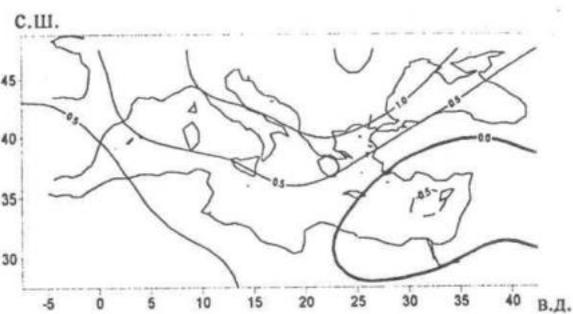


г

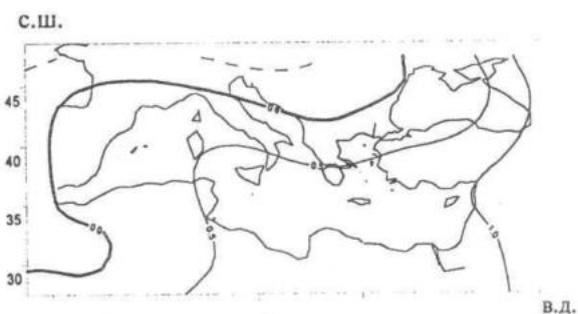
Рис. 5 – Композитные карты аномалий ПАД для весеннего типа ЭНЮК в январе-феврале "0" года (а), в марте-апреле "0" года (б), в ноябре-декабре "0" года (в), в январе-феврале "+1" года (г) относительно соответствующих среднеклиматических значений по данным NCEP/NCAR



а



б



в

Рис. 6 – Композитные карты аномалий ПАД для продолжительного летне-осеннего ЭНЮК в мае-июне "0" года (а), в ноябре-декабре "0" года (б) и в январе-феврале "+1" года (в) относительно соответствующих среднеклиматических значений по данным NCEP/NCAR

Атлантики и, как видно из рис. 5 а, над Центральной и Восточной Европой, включая Черное море и восточную часть Средиземного моря. Отрицательные аномалии располагаются над всей Западной Европой, захватывая северо-восточную часть Атлантического океана. Тот факт, что максимальные величины дисперсий атмосферного давления в предварительную фазу ЭНЮК приурочены к Атлантико-Европейскому

региону, указывает на наличие там реально-го отклика на начало ЭНЮК.

Следующий этап (развитие ЭНЮК весеннего типа) в большинстве случаев приходится на период с марта по сентябрь. Он сопровождается ослаблением активности в системе океан-атмосфера Северной Атлантики. Приземное атмосферное давление в Исландском минимуме повышается, а в Азорском максимуме понижается. В результате, в соответствии со схемой, предложенной в работе [1], над Западной и Центральной Европой отмечаются положительные аномалии приземного давления, а над центральной и южной ее территорией – отрицательные аномалии ПАД. В конце "0" года (ноябрь-декабрь) САК обычно вновь усиливается, над Европой складываются типичные условия, соответствующие схеме влияния положительной фазы САК на формирование региональных аномалий [1]. В январе "+1" года САК ослабевает. Картина над анализируемым регионом меняется на противоположную (см. рис. 5 г). В принципе, можно отметить, что для весеннего типа ЭНЮК в значительной степени справедливы выводы о проявлениях типичных событий, отмеченные выше.

Условия развития и существования двух выделенных летне-осенних подтипов ЭНЮК в тихоокеанских аномалиях, а также их региональные проявления отличаются не только от весеннего типа ЭНЮК, но и различаются между собой. К сожалению, летне-осенние кратковременные события в течение анализируемого периода отмечались лишь дважды, статистическая значимость построенных композитов мала, поэтому графики и карты соответствующих полей здесь не приводятся.

Охарактеризуем проявления летне-осенних, продолжительных ЭНЮК (рис. 4 б и рис. 6). Перед началом событий этого типа, в мае-июне "0" года отмечается интенсификация процессов в системе океан-атмосфера Северной Атлантики, САК усиливается. При этом над Северной Атлантикой формируются выраженные проявления в поле аномалий ПАД, полностью отвечающие схеме взаимодействия сигналов ЭНЮК и САК. Однако, в Черноморско-Средиземноморском регионе складывается более сложная картина. Над большей частью Средиземного моря располагается область незначительных отрицательных ано-

малий атмосферного давления, в то время как над сушей сформировалась область положительных аномалий (рис. 6 а). Вероятно, на такое распределение повлияла затянувшаяся сезонная перестройка циркуляции. В последующие месяцы происходит заметное ослабление САК, которое сопровождается сменой знака атмосферных аномалий на противоположные над районами Северной Атлантики. Ослабление САК хорошо прослеживается в поле аномалий ПАД Черноморского региона (рис. 6 б). К началу "+1" года, в январе-феврале, индекс североатлантического колебания, как и в случае весеннего события, резко повышается. Об этом свидетельствуют отрицательные аномалии атмосферного давления на севере Черноморского региона и положительные аномалии - на юге (рис. 6 в). Однако, в отличие от событий весеннего типа, ЭНЮК на этом не заканчивается. В течение последующего "+1", а затем и "+2" года продолжительных летне-осенних ЭНЮК в поведении САК отмечаются следующие особенности. В середине лета оно значительно ослабляется (величина индекса САК ≤ -3), однако к концу "+2" года, события характеризуются заметным увеличением величины индекса САК. Затем долгоживущее ЭНЮК завершается. В аномалиях характеристик природной среды Атлантико-Европейского региона на всех этапах ЭНЮК формируется соответствующий отклик на описанные колебания; отдельные примеры этому приведены на рис. 6.

На всех этапах ЭНЮК изменчивость САК формирует природные аномалии Атлантико-Европейского региона в соответствии со схемой, заключающейся в смещении североатлантических циклонов в направлении северо-восток/юго-запад в положительную/отрицательную фазу [1].

Таким образом, проявления весенних ЭНЮК в Черноморском регионе можно охарактеризовать следующим образом. Зимой, во время начальной (зрелой фазы) ЭНЮК наблюдается усиление (ослабление) ЦДА в Северной Атлантике и значимое увеличение дисперсий ПАД в Атлантико-Европейском регионе, что свидетельствует о значимом региональном отклике события ЭНЮК. В зависимости от начала и времени существования аномалий ТПО в Тихом океане и в глобальных атмосферных полях выделено два типа ЭНЮК: весенний и лет-

не-осенний, и два подтипа летне-осенних событий: длительные и кратковременные.

ЭНЮК всех типов сопровождаются значимым усилением САК перед началом события, его ослаблением на этапе развития события и усилением в конце "+1" года ЭНЮК. Такая картина является типичной для весенних событий. Однако, летне-осенние события ЭНЮК не завершаются по типичному сценарию. Длительные летне-осенние ЭНЮК продолжают существовать и сопровождаются резким ослаблением САК в летние месяцы "+1" и "+2" года, а в конце "+2" года - на завершающем этапе ЭНЮК - максимумом индекса САК. Изменчивость САК, в свою очередь, формирует природные аномалии Черноморского региона. Из-за ограниченности данных статистически значимых аномалий в Черноморском регионе для летне-осенних кратковременных ЭНЮК выделить не удалось.

Одним из возможных механизмов изменения характеристик ЭНЮК может являться модуляция этих событий тихоокеанским десятилетним колебанием.

В заключение подчеркнем, что в зависимости от начала и времени существования аномалий ТПО в Тихом океане, в глобальных атмосферных полях выделяется два типа ЭНЮК: весенний и летне-осенний, и два подтипа летне-осенних событий: длительные и кратковременные. Они сопровождаются изменчивостью САК на всех этапах существования событий ЭНЮК. Положительная фаза САК сопровождается антициклональными условиями в Черноморском регионе, а отрицательная фаза - циклональными. Длительные летне-осенние ЭНЮК сопровождаются резким ослаблением САК в летние месяцы "+1" и "+2" года, а в конце "+2" года, на завершающем этапе ЭНЮК - максимумом индекса САК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Polonsky A., Voskresenskaya E. Inter-annual variability in the Tropical and North Atlantic associated with the Pacific Ocean

ENSO events // *Contemporary Climatology / Proc. of the meeting of the IGU Commission on Climatology*, Brno, 1994. - P. 467-472.

2. Polonsky A., Basharin D., Mikhailova N., Voskresenskaya E. On the reasons of the European-Mediterranean Climate Variability // *IGU Annual Commission on Climatology*, Seoul, Korea, 2000. - P. 68-76.

Oldenborgh G., Burgers G., Tank A. On the El - Nino teleconnection to spring precipitation in Europe // *Int. J. of Climatology*. - 2000. - V.20. - P. 565-574.

4. Mariotty A., Zeng N., Lau K.M. Euro-Mediterranean rainfall variability and ENSO // *CLIVAR Exchange*. - 2002. - V.7. - N1. - P. 3-5.

5. Lau N-C., Nath M.J. Impact of ENSO on SST variability in the North Pacific and North Atlantic: seasonal dependence and role of extratropical sea-air coupling // *J. of Climate*. - 2001. - V.14. - N13. - P. 2846-2866.

6. Башарин Д.В., Воскресенская Е.Н., Михайлова Н.В., Полонский А.Б. Глобальные и региональные проявления Эль-Ниньо в полях приземного давления и температуры воздуха в зимний период // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. - Севастополь: МГИ НАНУ, 2001. - С. 48-60.

7. Neelin J.D., Jin F.F., Syu H.H. Variations in ENSO phase locking // *J.Clim.* - 2000. - V.13. - P. 768-774.

8. Xu J., Chan G.C.L. The Role of the Asian-Australian monsoon system in the onset time of El-Nino Events // *J. of Clim.* - 2001. - V.14. - P. 418-433.

9. Horii T., Hanava K. A relationship between timing of El Nino onset and subsequent evolution // *Geophys. Res. Let.* - 2004. - V.31. - P. 1634-1648.