

Е. Н. Воскресенская, Н. В. Михайлова

## Классификация событий Эль-Ниньо и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе

(Представлено членом-корреспондентом НАН Украины А. Б. Полонским)

*З використанням глобальних аномалій температури поверхні океану і приземного атмосферного тиску за період 1856–2008 рр. на підставі кластерного аналізу виділено три типи подій Ель-Ніньо, які розрізняються за часом початку, тривалості, а також інтенсивності. Показано істотні відмінності їх регіональних проявів у Чорноморському регіоні, що вказує на значущість виконаної класифікації для подальших досліджень і прикладних цілей.*

События Эль-Ниньо (ЭН), представляющие собой устойчивое аномальное потепление вод экваториальной зоны Тихого океана, происходят с типичной периодичностью 2–7 лет. Активизирующиеся при этом процессы взаимодействия атмосферы и океана формируют глобальные и региональные погодно-климатические аномалии [1–5]. В статьях [2, 4] описано “типичное” ЭН, выделенное по характеру изменчивости индекса Южного колебания (ЮК), т. е. нормированной разности атмосферного давления в пп. Таити и Дарвин и аномалиям температуры поверхности океана (АТПО) в экваториальной зоне Тихого океана. Оно начинается в конце зимы — начале весны и продолжается около одного года. Вместе с тем вопрос о том, какой момент времени следует считать началом события ЭН до сих пор остается дискуссионным. Первоначально за начало ЭН принимали момент, с которого АТПО у Перуанского побережья быстро возрастала. Позже в качестве такого начала рассматривали весну, предшествующую собственно событию ЭН, когда индекс ЮК начинает резко убывать [2, 4]. При этом учитывалось то обстоятельство, что фактически ЭН и ЮК представляют собой взаимосвязанный процесс в системе океан — атмосфера [1]. В последнее время за количественную характеристику ЭН часто принимают величину АТПО в экваториальном регионе Тихого океана, ограниченном координатами 5° с. ш. — 5° ю. ш., 170° з. д. — 120° з. д., который получил название Niño-3.4. Когда эти аномалии значительно превышают нулевые значения и остаются устойчивыми на протяжении как минимум нескольких месяцев считается, что развивается событие ЭН [5, 6]. В публикации [5] в качестве порогового значения АТПО в районе Niño-3.4 (так называемый индекс ЭН) принимали величину +0,5 °С, а в публикации [6] — +0,4 °С.

Применение к ЭН термина “типичное” подразумевает наличие и нетипичных событий, по-разному проявляющихся в различных регионах земного шара. Попытки классификации ЭН и их региональных проявлений, предпринятых на рубеже прошлого и нашего столетий, основывались на анализе данных в течение 50 лет. Поэтому полученные результаты не были статистически значимы. Целью настоящего сообщения является классификация событий ЭН с использованием глобальных данных за 153 года и выявление их отклика в Черноморском регионе с использованием долговременных наблюдений Гидрометслужбы Украины.

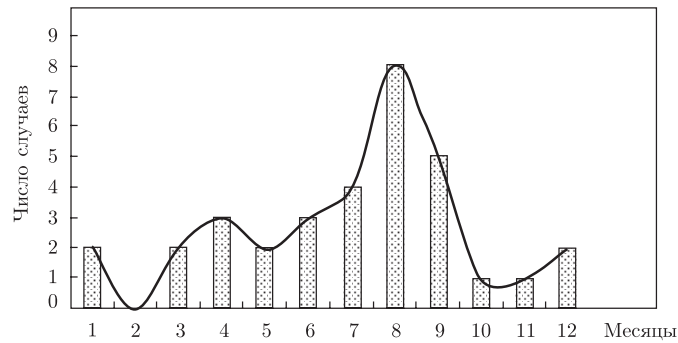


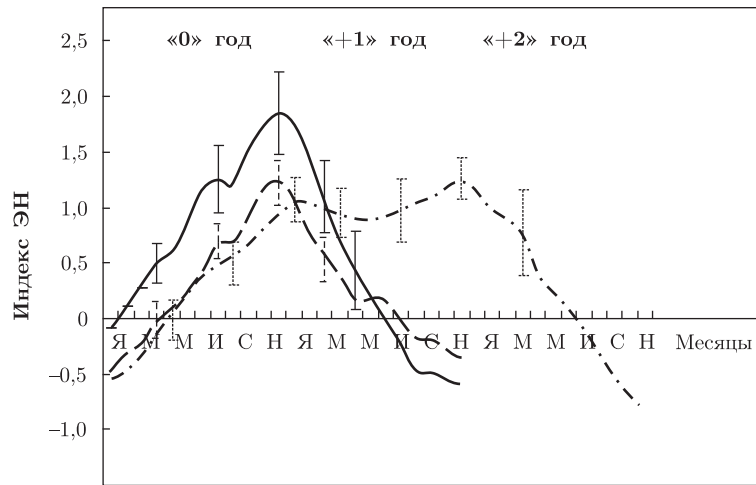
Рис. 1. Гистограмма распределения начала событий ЭН по месяцам, выделенных согласно данным об АТПО в районе Nino-3.4 за 1856–2008 гг.

**Методика обработки используемых данных.** Привлекались глобальные данные об АТПО за 1856–2008 гг. на сетке  $5^\circ \times 5^\circ$  [7], индекс ЮК по данным Метеорологического бюро Австралии и результаты наблюдений Гидрометслужбы Украины в Черноморском регионе за 1882–2008 гг. Критерием наличия ЭН было принято следующее условие. Считалось, что событие ЭН реализуется, если АТПО в районе Nino-3.4 превышает величину  $+0,45^\circ\text{C}$  (среднее между пороговыми значениями, принятыми в статьях [5, 6]), при этом такие АТПО существуют не менее пяти последующих месяцев. Интенсивность событий анализировалась по величине индекса ЭН. Все ЭН разделялись на три градации: слабые (индекс ЭН изменяется в пределах  $0,45\text{--}1^\circ\text{C}$ ), умеренные ( $1\text{--}2^\circ\text{C}$ ) и сильные (более  $2^\circ\text{C}$ ). Для характеристики продолжительности событий ЭН использовались следующие временные интервалы: 5–8, 9–12, 13–16, 17–20, 21–24, 25–28 и более 29 мес. Для типизации выделенных событий ЭН выполнялся кластерный анализ по двум параметрам: индексу ЭН и индексу ЮК.

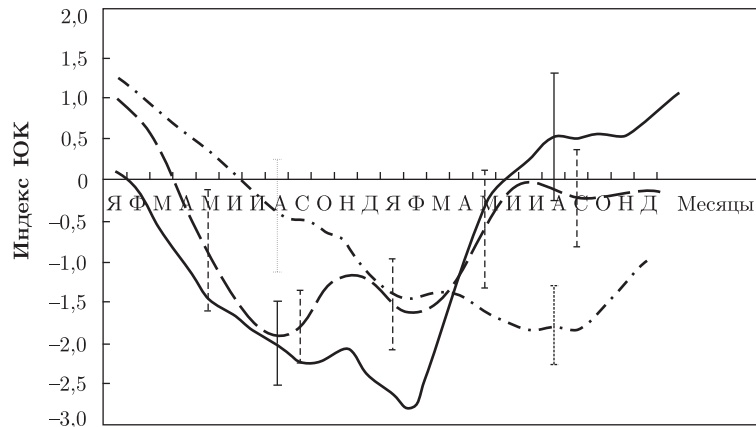
**Результаты исследований.** Всего за 153 года выделено 33 события. Анализируя повторяемости наступления ЭН было установлено следующее: 24% событий начинается в августе, 15% — в сентябре, 12% — в июле и около 9% — в апреле или июне месяце (рис. 1). Представленная гистограмма имеет трехмодовую структуру, что свидетельствует в пользу наличия трех типов ЭН, на что впервые было обращено внимание в работах [8, 9] (хотя этот результат и не был статистически значимым). Анализ событий ЭН по интенсивности показал, что 5 — были слабыми, 23 — умеренными и 4 — сильными. Отметим, что наиболее интенсивные события начинались весной. Повторяемость ЭН по продолжительности событий оценивалась следующим образом: в 30% случаев события ЭН эволюционируют от 5 до 8 мес., а в 52% всех ЭН существуют до одного года. Наиболее продолжительные ЭН (18% случаев — более 20 мес.) начинаются во вторую половину года.

Кластерный анализ позволил количественно подтвердить наличие трех групп ЭН и уточнить распределение событий по кластерам. Вместе с тем оказалось, что формальное разделение на кластеры с использованием индексов ЭН и ЮК в целом соответствует классификации ЭН, выполненной в работах [8, 9] по другим критериям. Эта классификация разделяет ЭН на три типа, различающиеся по сезону начала, интенсивности и продолжительности. В работах [8, 9] I тип ЭН назван весенним, II — летне-осенним кратковременным и III — летне-осенним продолжительным. По результатам кластерного анализа, 11, 13 и 9 событий ЭН были отнесены к I, II и III типам соответственно.

Охарактеризуем эволюцию каждого типа ЭН по изменчивости индексов ЭН и ЮК в течение лет начала события (“0” год) и последующих двух лет в зависимости от продолжи-



a



b

Рис. 2. Композитные графики: а — индекса ЭН для событий разных типов и б — изменения индекса ЮК (график, сглаженный трехмесячным скользящим осреднением для различных типов ЭН).

Здесь и на рис. 3: сплошная основная линия — ЭН весеннего типа; штриховая — ЭН летне-осеннего короткоживущего типа, штрихпунктирная линия — ЭН летне-осеннего продолжительного типа. Для отдельных точек графиков отмечены доверительные интервалы значимых на 95% уровне величин

тельности события (“+1” и “+2” годы на рис. 2). Событиям I типа соответствует раннее начало ЭН. Индекс ЭН превышает пороговое значение уже в апреле “0” года. Максимальная величина индекса ЭН (в среднем +1,77 °C) приходится на декабрь “0” года. Индекс ЮК начиная с апреля “0” года опускается ниже -1 и остается таковым до апреля “+1” года. Во временном ходе индекса ЮК наблюдаются два минимума: в сентябре “0” года (-2,2) и в феврале “+1” года (-2,8). Типичная продолжительность весенних ЭН составляет около 12 мес. Начало ЭН II типа отмечается в июле месяце. Максимум АТПО в районе Nino-3.4 достигается также в декабре “0” года и составляет в среднем +1,24 °C, а величина индекса ЮК достигает порогового значения -1 в мае, понижаясь далее (до -1,9 в августе “0” года). Второй минимум индекса ЮК приходится на февраль “+1” года (-1,6). Средняя продолжительность таких ЭН — около 9 мес. События III типа отмечаются поздним началом ЭН (в среднем, в сентябре) и большой продолжительностью (свыше 20 мес.). Во временном ходе АТПО в районе Nino-3.4 прослеживается, по крайней мере, два максимума. Первый из них

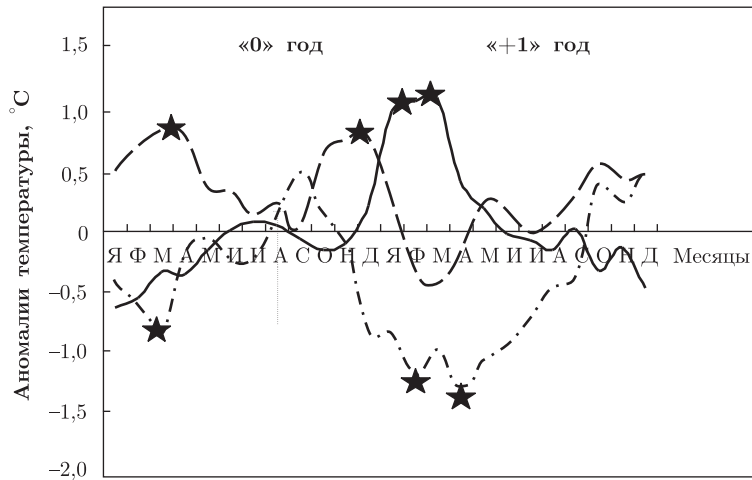


Рис. 3. Композитный график аномалий температуры воздуха на ст. Одесса в годы ЭН разных типов (по данным Гидрометслужбы Украины за 1882–2008 гг.). Звездочками отмечены значимые на 90% уровне величины

наблюдается в январе “+1” года, когда величина индекса ЭН достигает значения  $+1,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Главный же максимум ( $+1,22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) приходится на декабрь “+1” года. Индекс ЮК при этом пересекает отметку  $-1$  в ноябре “0” года, а минимума ( $-1,9$ ) он достигает в июле “+1” года.

События ЭН разных типов характеризуются специфическими региональными откликами в гидрометеорологических полях, в том числе и в Черноморском регионе. Например, характерной чертой временного хода температуры воздуха ( $t_a$ ) на станциях Черноморского региона в годы ЭН I типа являются положительные аномалии  $t_a$  в течение зимы “+1” года (рис. 3), в то время как для событий других типов (особенно для III типа) зима “+1” года холоднее, чем обычно. Подчеркнем, что аномалии  $t_a$  в годы весенних и летне-осенних событий изменяются в противофазе. Следовательно, если рассматривать суммарный отклик поля температуры воздуха в Черноморском регионе для всех типов ЭН вместе, то получим величины, близкие к нулю.

Таким образом, классификация ЭН позволила выделить на статистически значимом уровне три типа событий, различающиеся по времени начала, продолжительности и интенсивности: весенние, летне-осенние кратковременные и летне-осенние продолжительные. При этом наиболее интенсивными являются преимущественно ЭН весеннего типа, наиболее продолжительные события (более 20 мес.) приходится на вторую половину года. Проявления ЭН в аномалиях гидрометеорологических характеристик Черноморского региона существенно различаются для событий разных типов.

1. Bjerkness J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific // Mon. Wea. Rev. – 1969. – **97**. – P. 164–172.
2. Philander S. G. El-Niño and La Niña // J. Atmos. Sci. – 1985. – **42**. – P. 2652–2662.
3. Polonsky A. B., Voskresenskaya E. N. ENSO-induced climate variability over the Europe // Acta Univ. Wratislaviensis, Studia Geogr. – 2003. – **75**, No 2532. – P. 87–97.
4. Rasmusson E. M., Carpenter T. H. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El-Niño // Mon. Wea. Rev. – 1982. – **110**. – P. 354–384.
5. Trenberth K. E. The Definition of El-Niño // BAMS. – 1997. – **78**. – P. 2771–2777.
6. Xu J., Chan J. C. L. The role of the Asian-Australian monsoon system in the onset time of El-Niño events // J. Clim. – 2001. – **14**, No 3. – P. 418–433.

7. Kaplan A., Cane M., Kushnir Y. et al. Analyses of global sea surface temperature 1856–1991. – // J. Geoph. Res. – 1998. – **103**. – P. 18567–18589.
8. Воскресенская Е. Н., Михайлова Н. В. Эль-Ниньо разных типов и особенности их проявления в Атлантико-Европейском регионе // Система контроля окружающей среды. – 2006. – С. 307–310. – [Сб.].
9. Horii T., Hanawa K. A relationship between timing of El-Niño onset and subsequent evolution // Geoph. Res. Lett. – 2004. – **31**. – L06304.

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины, Севастополь

Поступило в редакцию 06.08.2009

**E. N. Voskresenska, N. V. Mikhailova**

### **El-Niño classification and climate/weather anomalies in the Black Sea region**

*On the basis of the data sets of global sea surface temperature anomalies and sea level pressure in 1856–2008, using the cluster analysis, the three types of El-Niño events are classified by criteria of the start time, duration, and intensity. The significant differences of their regional manifestations in the Black Sea region are shown. This confirms the importance of the classification for the further scientific and applied studies.*