

Качественная классификация событий Ла-Нинья

© 2015 Е.Н. Воскресенская, О.В. Марчукова

Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия
E-mail: elena_yoskr@mail.ru, olesjath@mail.ru

Поступила в редакцию 05.09.2014 г. После доработки 04.02.2015 г.

По данным о температуре приповерхностного слоя в экваториальной зоне Тихого океана в районе *Nino3.4* из глобального массива *HadISST* за 1870 – 2013 гг. и значениям индекса Южного колебания были выделены и охарактеризованы события Ла-Нинья. Полученные результаты составили основу для их качественной классификации. С учетом временной изменчивости трех основных характеристик (интенсивности исследуемого явления, его продолжительности и максимального значения индекса Южного колебания) методом кластерного анализа выделено три типа событий Ла-Нинья.

Ключевые слова: Ла-Нинья, Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК), индекс Южного колебания, Тихоокеанский регион.

Введение. Феномен явления Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК) является важнейшим климатическим сигналом межгодового масштаба, оказывающим существенное влияние на состояние окружающей среды [1]. ЭНЮК включает в себя теплый (Эль-Ниньо) и холодный (Ла-Нинья) эпизоды, квазипериод которых составляет от 2 до 7 лет [2]. Исследованию событий Эль-Ниньо посвящено достаточно большое количество публикаций, в которых дана не только общая характеристика событий, но и предпринято множество попыток их классификации [2, 3]. Однако изучению событий Ла-Нинья, тем более вопросу об их классификации, до недавнего времени уделялось намного меньше внимания.

Коротко характеризуя Ла-Нинья, напомним, что этим термином обозначают событие, сопровождающееся аномальным понижением температуры поверхностного слоя экваториальной зоны Тихого океана. При этом исследователи этого явления обычно подчеркивают, что речь идет об экстремальном охлаждении вод [4]. В отличие от Эль-Ниньо универсального определения Ла-Нинья на данный момент не существует. Каждый исследовательский центр предлагает свои критерии, по которым в дальнейшем выделяют эти события и составляют их перечень. Более того, до конца 1990-х годов Ла-Нинья обычно рассматривали не как отдельный процесс, а как результат развития Эль-Ниньо [5]. Только после того как в средствах массовой информации появились сведения о негативных социальных последствиях Ла-Нинья 1998 – 2000 гг., эти события стали изучать более пристально [4].

На саммите в Боулдере (США, штат Колорадо), посвященном Ла-Нинья, впервые было отмечено, что по интенсивности эти явления могут быть слабыми, умеренными, сильными, очень сильными и даже чрезвычайно сильными [5]. Внимание на это было обращено в связи с тем, что именно от уровня интенсивности зависят экологические и экономические последствия Ла-Нинья. Однако говоря об умеренных и сильных событиях, обычно не учиты-

вают продолжительность этих явлений. Именно после Ла-Нинья 1998 – 2000 гг., когда холодная аномалия температуры поверхности океана (ТПО) продолжалась с июля 1998 по июнь 2000 г., впервые возникла концепция двухлетнего Ла-Нинья [5]. В то же время некоторые авторы, например работы [2], изучавшие особенности разных типов событий Ла-Нинья и Эль-Ниньо по данным о ТПО и поверхностной солености океана (ПСО), описали событие Ла-Нинья 1998 – 2000 гг. как последовательность двух событий: 1998 – 1999 гг. и 1999 – 2000 гг. Первое событие типизировали как Центрально-Тихоокеанское, а второе – как Восточно-Тихоокеанское. Такая неоднозначность информации, как правило, затрудняет ее использование для решения прикладных и управленческих задач регионального развития. Поэтому появилась необходимость более тщательным образом исследовать события Ла-Нинья с целью их классификации с учетом интенсивности, продолжительности, а также фазы максимальной интенсивности Ла-Нинья и наибольшего значения индекса Южного колебания (ЮК) в ходе эволюции самого события. Именно такому исследованию посвящена настоящая работа.

Данные и методы. Для анализа в работе использовались глобальные данные среднемесячных значений ТПО за 1870 – 2013 гг. для района *Nino3.4* с координатами 5° с. ш. – 5° ю. ш. и 170° – 120° з. д., рассчитанные по глобальному массиву *HadISST* Метеорологического офиса Гадлея [6]. Выбор указанного массива был сделан на основе анализа результатов тестовых расчетов, проведенных в работе [2] по двум широко используемым в настоящее время массивам данных о ТПО (*HadISST* и *ERSST*). Авторами были продемонстрированы достоинства и недостатки сопоставляемых массивов и показано, что для исследования межгодовой изменчивости ТПО и проведения классификации температурных аномалий в экваториальной зоне Тихого океана лучше использовать набор данных массива *HadISST*. Кроме этого, к анализу были привлечены данные об индексе ЮК за 1856 – 2013 гг., рассчитанном сотрудниками Отдела климатических исследований Университета Восточной Англии на основе метода, приведенного в статье [7]. Напомним, что индекс ЮК представляет собой разность нормализованных значений приземного давления между двумя пунктами в Тихом океане – порт Дарвин и о. Таити. Полученные ряды данных были проверены на соответствие эмпирической функции распределения (ЭФР) нормальному закону. Представленные на рис. 1 кривые подтверждают, что распределения ЭФР соответствуют нормальному закону распределения, так как статистический критерий χ^2 меньше, чем критический $\chi_{кр}^2$ ($16,2 < 22,4$ (рис. 1, *a*) и $16,1 < 22,4$ (рис. 1, *б*)). Этот статистический вывод дает основание считать, что выбранные ряды данных подходят для дальнейшего анализа.

Для классификации событий Ла-Нинья был выбран метод кластерного анализа. Как правило, в теории математической классификации выделяют три подхода: дискриминация (дискриминантный анализ), кластеризация (кластер-анализ), группировка [8]. При этом целью кластеризации является выявление и выделение классов. Задача кластер-анализа состоит в выяснении по эмпирическим данным, насколько элементы группируются или распадаются

на изолированные кластеры (от *cluster* (англ.) – гроздь, скопление). Иными словами, задача кластерного анализа – выявление естественного разбиения на классы, свободного от субъективизма исследователя, а конечная цель – выделение групп однородных объектов, сходных между собой, при резком отличии этих групп друг от друга [9]. Кластерный анализ позволяет рассматривать достаточно большие объемы информации, резко сокращать их и делать компактными и наглядными [10]. В нашей работе использован один из видов кластерного анализа – иерархический, суть которого состоит в последовательном объединении кластеров или разделении больших кластеров на малые, мерой связи между которыми было выбрано Евклидово расстояние.

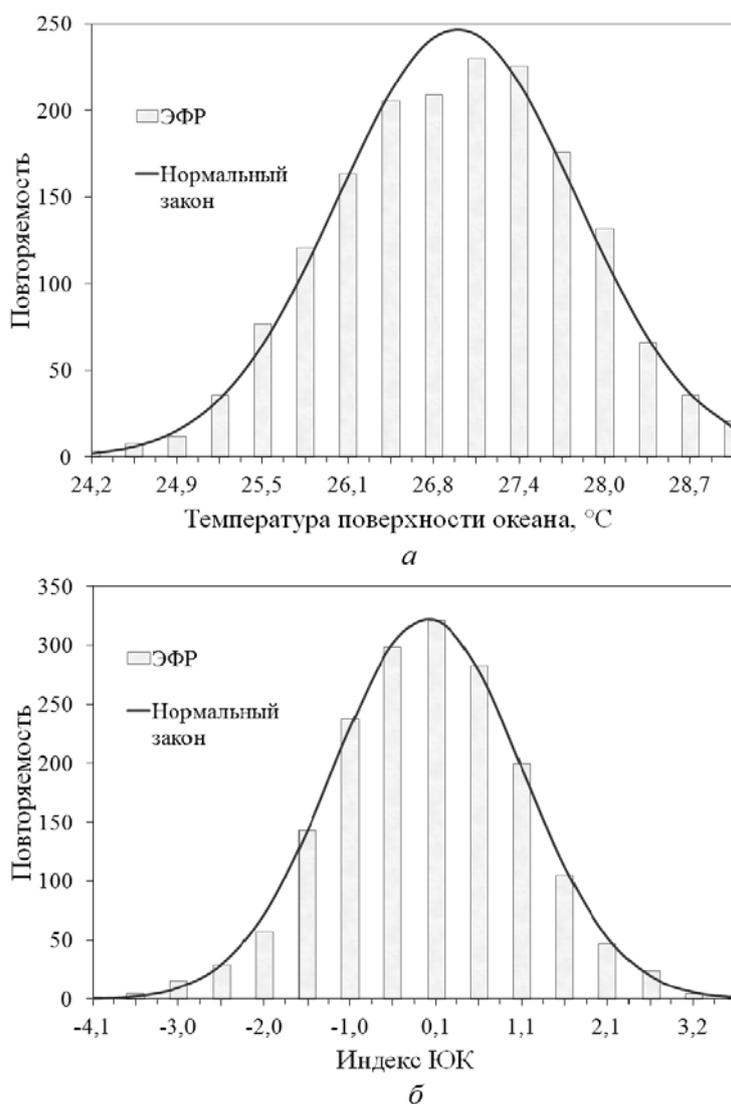


Рис. 1. Эмпирическая функция и соответствующий ей нормальный закон распределения среднемесячных значений ТПО в районе *Nino3.4* за 1870 – 2013 гг. (а) и значений индекса ЮК за 1856 – 2013 гг. (б)

Результаты анализа. Как правило, Ла-Нинья, по аналогии с Эль-Ниньо, характеризуют соответствующим индексом этого события. Одним из таких индексов является широко используемый *Nino3.4* [11], который представляет собой среднемесячную аномалию ТПО в экваториальной зоне Тихого океана с координатами 5° с. ш. – 5° ю. ш. и 170 – 120° з. д. (рис. 2). В Национальном управлении океанических и атмосферных исследований (*NOAA*) определено, что за событие Ла-Нинья принимаются условия, при которых значение индекса *Nino3.4* ниже $-0,5^{\circ}\text{C}$ сохраняется не менее пяти последующих месяцев [12]. Пороговое значение для каждого ряда индексов ТПО зависит от величины его среднеквадратического отклонения (СКО) в районе *Nino3.4* [11]. В данной работе на основе оценки СКО ряда анализируемых данных по ТПО для определения событий Ла-Нинья выбран критерий, при котором пороговое значение составило $-0,48^{\circ}\text{C}$, а минимальная продолжительность – 4 мес при условии, что значение естественной аномалии будет не меньше СКО всего ряда (где $\sigma = 0,88^{\circ}\text{C}$).

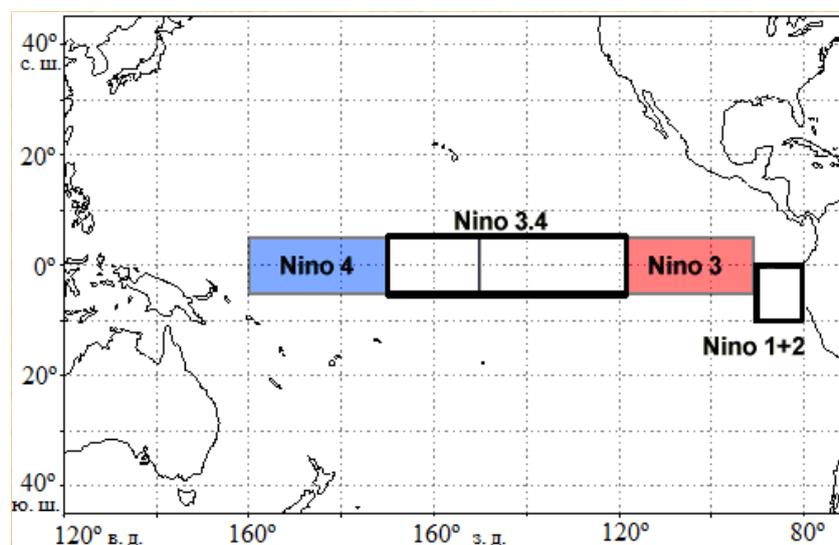


Рис. 2. Районы Тихого океана, для которых рассчитываются температурные индексы событий ЭНЮК

Таким образом, с использованием приведенного критерия из массива данных за 143 года было выделено 32 события Ла-Нинья. На рис. 3 последовательно приведены графики временного хода ТПО по 20-летним отрезкам. Отметим, что другими авторами, например работ [2, 3, 11], тоже проводилось выделение таких событий, но использовали для этого в основном данные с 1950 г. Полученные нами результаты за эти 63 года достаточно хорошо согласуются с их результатами. За указанный период в нашем исследовании насчитывается 16 событий. Приведем в качестве примера также информацию с официального сайта *NOAA* – сотрудниками этой организации выделено 17 Ла-Нинья за этот же период.

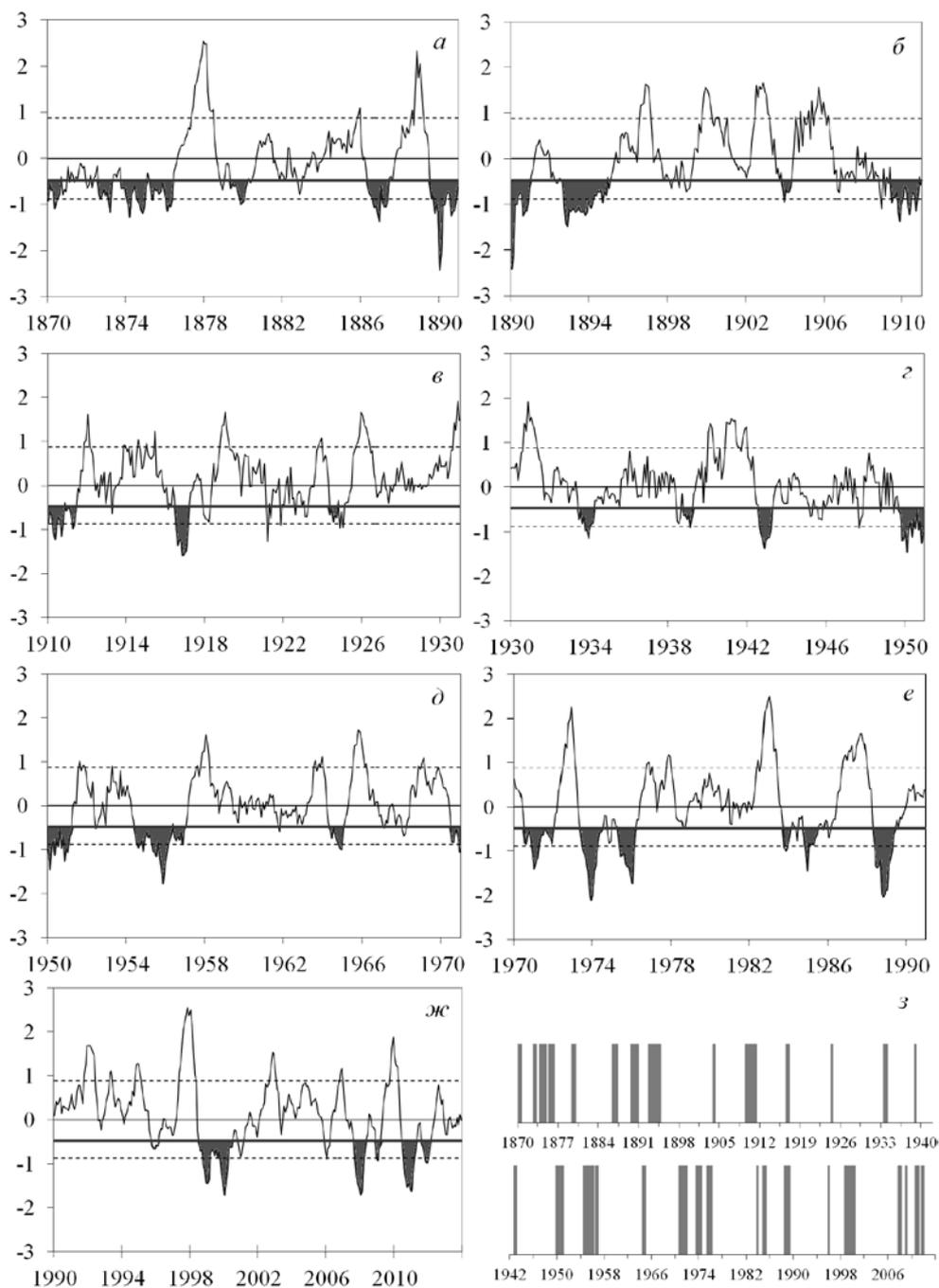


Рис. 3. Нормализованный ход значений индекса *Nino3.4* для 1870 – 1890 гг. (*а*), 1890 – 1910 гг. (*б*), 1910 – 1930 гг. (*в*), 1930 – 1950 гг. (*г*), 1950 – 1970 гг. (*д*), 1970 – 1990 гг. (*е*), 1990 – 2013 гг. (*ж*) (заливкой выделены события Ла-Нинья, жирной линией отмечено пороговое значение $-0,48^{\circ}\text{C}$, штриховыми линиями – СКО индекса) и гистограмма повторяемости событий (*з*)

Расхождение составило только одно событие 2005–2006 гг., для которого недостаточно точно совпала фаза начала наступления явления. Это объясняется тем, что для анализа использовались разные методики выделения Ла-Нинья и другая величина порогового значения индекса *Nino3.4*, а также разные массивы данных. В нашем исследовании это – массив *HadISST*, в их случае – *ERSST*. В статье [3] было определено 14 событий с 1950 по 2011 гг., что по количеству неплохо согласуется с результатами настоящей работы, но не всегда есть совпадения по фазе наступления и продолжительности самих явлений. Такая несогласованность связана с тем, что авторы статьи [3] для выделения событий Ла-Нинья использовали вместо индекса *Nino3.4* два отдельных нормированных индекса – *Nino3* и *Nino4*.

Для получения обобщенного описания выделенных Ла-Нинья для каждого события были рассчитаны продолжительность (Π , мес), интенсивность (I , °C), фаза максимальной интенсивности (Φ_I^{\max} , мес) и максимальное значение индекса ЮК в период развития самого явления. Результаты расчетов приведены в таблице. При этом обращают на себя внимание существенные различия в величинах каждого из параметров. Уровень интенсивности Ла-Нинья характеризуется величиной минимального значения аномалии ТПО в течение существования события. В полученных оценках величина интенсивности изменяется в пределах от $-2,4^\circ\text{C}$ (1889 – 1890 гг.) до $-0,7^\circ\text{C}$ (1995 – 1996 гг.). Минимальная продолжительность событий составляет 4 мес (1983 – 1984 и 2008 – 2009 гг.), а максимальная – 28 мес (1892 – 1894 гг.). Максимальные значения индекса ЮК в период развития Ла-Нинья колеблются в пределах 0,34 – 3,36. При этом наиболее часто максимум интенсивности событий Ла-Нинья достигается в ноябре. Вклад Ла-Нинья в общую дисперсию изменчивости среднемесячных значений ТПО в районе *Nino3.4* для полного ряда с 1870 по 2013 гг. составил 48,5%. В то же время даже визуальный анализ приведенных в таблице величин характеристик Ла-Нинья показывает, что рассматриваемые события можно объединить в группы. На предварительном этапе работы это было сделано по субъективным признакам для каждой характеристики, и таким образом получена следующая классификация.

По интенсивности события Ла-Нинья были разделены на четыре типа: слабые (при которых величина аномалий составляет от $-0,7$ до $-0,9^\circ\text{C}$), умеренные (от $-1,0$ до $-1,6^\circ\text{C}$), сильные (от $-1,7$ до $-1,9^\circ\text{C}$) и очень сильные ($-2,0^\circ\text{C}$ и выше). Примерами очень сильных Ла-Нинья могут служить события 1889 – 1890, 1973 – 1974, 1988 – 1989 гг., а примерами слабых, которые выделяются только при заданном нами пороговом значении, – события 1924, 1938 – 1939, 1956 – 1957, 1995 – 1996, 2008 – 2009 гг. Следует отметить, что субъективная классификация событий Эль-Ниньо по интенсивности, проведенная в работе [13], показала наличие трех типов событий (слабые, умеренные, сильные), что в дальнейшем было подтверждено кластерным анализом.

События Ла-Нинья в районе *Nino3.4* с 1870 по 2013 г. по данным массива *HadISST* и их характеристики

События Ла-Нинья, год	Продолжительность, мес	Интенсивность, °С	Фаза максимальной интенсивности, мес	Максимальное значение индекса ЮК
1870	8	-1,1	5	1,06
1872–1873	9	-1,2	3	3,14
1873–1875	16	-1,3	11	2,19
1875–1876	14	-1,1	2	2,57
1879–1880	10	-1,0	11	2,20
1886–1887	13	-1,4	12	1,51
1889–1890	18	-2,4	1	2,35
1892–1894	28	-1,5	11	2,15
1903–1904	6	-1,0	12	3,64
1909–1910	17	-1,4	11	2,63
1910–1911	7	-1,0	4	1,66
1916–1917	9	-1,6	11	2,57
1924	5	-0,8	7	1,19
1933–1934	10	-1,1	12	0,81
1938–1939	6	-0,9	2	1,74
1942–1943	8	-1,4	11	1,42
1949–1951	19	-1,3	11	3,06
1954–1956	19	-1,8	11	1,80
1956–1957	8	-0,9	11	1,92
1964–1965	9	-1,0	12	1,32
1970–1972	19	-1,4	1	2,58
1973–1974	14	-2,1	12	2,85
1975–1976	11	-1,7	1	2,15
1983–1984	4	-1,0	11	0,34
1984–1985	9	-1,5	12	1,42
1988–1989	14	-2,0	11	2,18
1995–1996	5	-0,7	12	0,82
1998–2000	24	-1,7	1	2,10
2007–2008	8	-1,7	1	2,05
2008–2009	4	-0,9	1	1,43
2010–2011	10	-1,6	1	3,02
2011–2012	7	-1,0	12	2,45

Классификация Ла-Нинья по продолжительности позволила выделить четыре типа событий: короткие (4 – 6 мес), средние (7 – 12 мес), долгие (13 – 23 мес) и максимально продолжительные (24 мес и более). К максимально продолжительным Ла-Нинья отнесено всего два события: 1892 – 1894 гг.

(28 мес) и 1998 – 2000 гг. (24 мес). Интересно, что оба события по своим характеристикам не относятся к очень сильным Ла-Нинья. Проведенная субъективная классификация не имеет математического обоснования и лишь помогает рассмотреть основные характеристики событий Ла-Нинья. Поэтому в настоящей работе далее проведена объективная классификация с использованием кластерного анализа.

Для классификации событий Ла-Нинья был применен иерархический метод. Мерой близости объектов выбрано Евклидово расстояние. Оно является самой используемой метрикой в кластерном анализе, представляющей геометрическое расстояние в многомерном пространстве [10]. Кластеризация событий Ла-Нинья проводилась с учетом разных характеристик. В ходе первого эксперимента выбраны два параметра: интенсивность и продолжительность. По этим параметрам кластеризация показала два хорошо выделенных кластера, что четко разделило события на два типа. Первый тип включает в себя 18 умеренно слабых, мало- или среднепродолжительных событий ($I = [-0,7 \dots -1,1^{\circ}\text{C}]$; $P = [4 \dots 10 \text{ мес}]$). Для второго типа событий, включающих 14 Ла-Нинья, характерны умеренно сильные, средне- или долгопродолжительные явления ($I = [-1,1 \dots -2,4^{\circ}\text{C}]$; $P = [8 \text{ мес и более}]$). Второй и третий эксперименты по кластеризации событий Ла-Нинья проводились с учетом еще двух характеристик – фазы максимального развития Ла-Нинья и наибольшего значения индекса ЮК в период развития самого события. Кластеризация при третьем эксперименте, выполненная с учетом всех четырех характеристик, не дала удовлетворительного результата. Кроме того, разделение событий на два кластера показало, что между ними нет четких различий. Поэтому было решено остановиться на втором эксперименте, в котором учитывались интенсивность и продолжительность Ла-Нинья и максимальное значение индекса ЮК.

Дендограмма событий Ла-Нинья представлена на рис. 4. На нем хорошо заметны три выделенных кластера, что позволяет уже более строго говорить о наличии трех типов Ла-Нинья с учетом особенностей приведенных выше основных характеристик. В первый кластер (I тип событий) вошло 11 Ла-Нинья, ему соответствуют следующие условия: $I = [-1,1 \dots -2,4^{\circ}\text{C}]$, $P = [9 - 28 \text{ мес}]$, индекс ЮК = $[1,8 - 3,14]$. Характерными чертами этого типа событий являются максимальная продолжительность, превышающая два года (1892 – 1894, 1998 – 2000 гг.), и значительная интенсивность, как правило, приводящие к мощным климатическим аномалиям [5] (1889 – 1890, 1973 – 1974, 1988 – 1989 гг.). II тип (14 событий) характеризуется недостаточно четкими различиями, поскольку границы крайних значений определяющих параметров могут быть отнесены как к I, так и к III типам. Значения пределов его характеристик составляют $I = [-0,9 \dots -1,7^{\circ}\text{C}]$, $P = [7 - 16 \text{ мес}]$, индекс ЮК = $[1,42 - 3,64]$. В эту группу входит событие 1903 – 1904 гг. с максимальным значением индекса ЮК (таблица), для которого, несмотря на нетипичность, характерны умеренно слабая интенсивность и короткая продолжительность. В третью группу (III тип) вошло 7 событий, кардинально отличающихся от первой группы по всем трем характеристикам. Показатели этого кластера следующие: $I = [-0,7 \dots -1,1^{\circ}\text{C}]$, $P = [5 - 10 \text{ мес}]$, индекс ЮК = $[0,34 - 1,43]$.

Этому типу соответствуют слабоинтенсивные непродолжительные или сред-непродолжительные события Ла-Нинья с низкими значениями индекса ЮК.

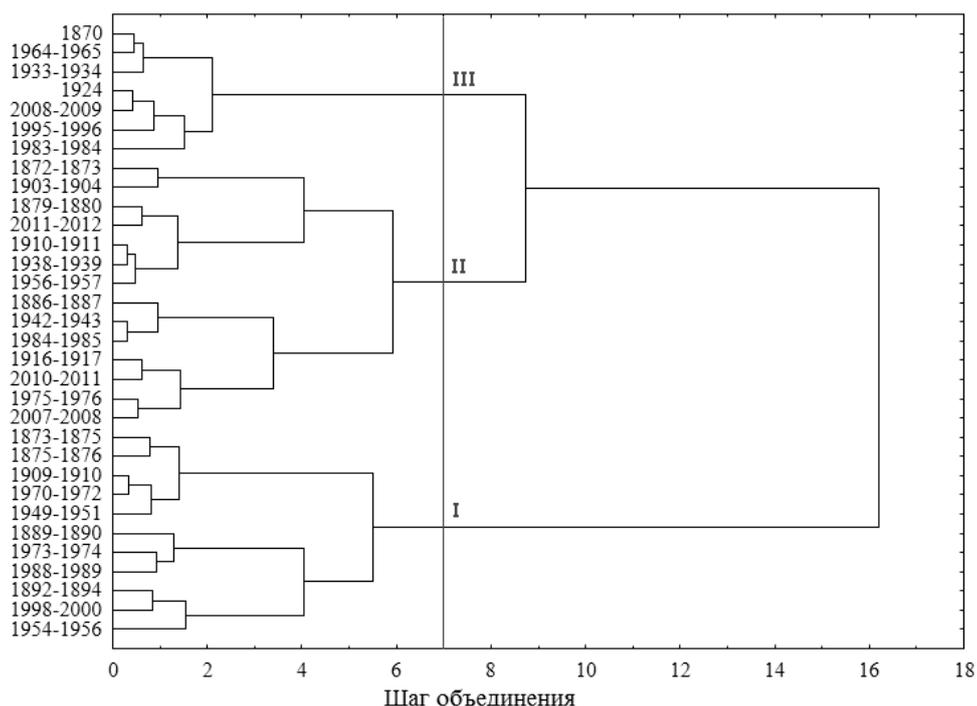


Рис. 4. Классификация событий Ла-Нинья за 1870 – 2013 гг. методом кластерного анализа по трем основным характеристикам (интенсивность события, его продолжительность, максимальное значение индекса ЮК)

Ранее в работах [2, 3] была сделана попытка классифицировать события Ла-Нинья на основании более коротких, чем в нашем случае, рядов данных. Как правило, авторы рассматривали пространственную изменчивость этих событий и подразделяли их на Центрально-Тихоокеанский и Восточно-Тихоокеанский типы по аналогии с Эль-Ниньо.

Если сравнить нашу классификацию с классификацией, полученной по 62-летнему массиву авторами статьи [3], можно найти и сходства и различия. Принцип их классификации Ла-Нинья основан на выделении области возникновения холодных аномалий ТПО по нормированным значениям индексов *Nino3* и *Nino4* и их пространственному смещению в экваториальной зоне Тихого океана. В нашей же классификации учитывается временная изменчивость индекса в единой области *Nino3.4* и не рассматривается его пространственное распределение. При этом интересно отметить, что события Ла-Нинья, вошедшие в наше исследование в III кластер, не относятся к Центрально-Тихоокеанскому типу, как это получено в работе [3]. В статье [2] также использовался метод иерархического кластерного анализа, но в качестве основных параметров анализировались значения аномалий поверхностных температуры и солености (ТПО и ПСО). Однако их ряды были еще короче и огра-

ничивались только периодом с 1977 по 2008 г. С учетом пространственной изменчивости характеристик при нашей классификации отмечались существенные несовпадения с результатами работы [2]. Дело в том, что, во-первых, авторами этой статьи событие Ла-Нинья 1998 – 2000 гг. рассматривается как два отдельных события (1998 – 1999 и 1999 – 2000 гг.), хотя по величине индекса *Nino3.4* аномалия ТПО существовала в течение единого непрекращающегося двухлетнего события, а во-вторых, отметим, что эти два события авторы, используя свою классификацию, отнесли к разным типам, различающимся по пространственной локализации максимальной аномалии: Ла-Нинья 1998 – 1999 гг. — к Центрально-Тихоокеанскому, а 1999 – 2000 гг. — к Восточно-Тихоокеанскому. Поэтому, учитывая приведенные разногласия при выделении событий Ла-Нинья, некорректно сравнивать полученные нами результаты с результатами работы [2].

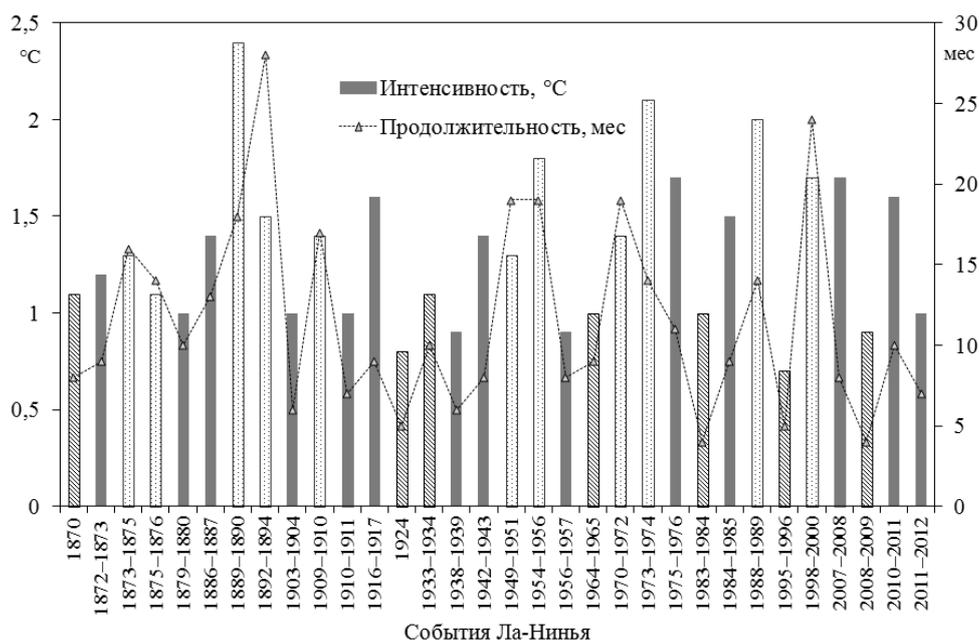


Рис. 5. Гистограмма трех типов событий Ла-Нинья (I тип – точечная штриховка, II тип – сплошная, III тип – косая) за 1870 – 2013 гг., выделенных методом кластерного анализа по трем характеристикам, с указанием интенсивности события и его продолжительности

Анализ временного хода изменчивости всех выделенных типов Ла-Нинья на рис. 5 указывает на наличие квазипериодической повторяемости. При этом видно, что во второй половине прошлого века Ла-Нинья III типа наблюдались более регулярно. В то же время интересно заметить, что если взять, к примеру, первое десятилетие XX в. и первое десятилетие нашего века, то повторяемость событий Ла-Нинья в XXI в. увеличилась, однако если рассматривать только интенсивность событий разных типов Ла-Нинья, то в обоих случаях за десятилетний период она будет приблизительно одинаковой. Сложно с уверенностью утверждать, что отмеченные особенности связаны с естественны-

ми низкочастотными процессами или улучшением качества мониторинга окружающей среды, но о роли глобального потепления в этом случае говорить трудно. Однако встречаются отдельные публикации, например статьи [1, 2], авторы которых указывают на связь межгодовой изменчивости событий Эль-Ниньо или Ла-Нинья с более низкочастотными колебаниями в системе океан – атмосфера Тихого океана типа Тихоокеанской декадной осцилляции или Тихоокеанско-Североамериканского колебания.

Выводы. С использованием данных массива *HadISST* за 143 года с 1870 по 2013 г. по критерию порогового значения аномалии ТПО и минимальной продолжительности выделено 32 события Ла-Нинья и оценены их статистические характеристики.

Субъективная классификация позволила выявить четыре типа событий Ла-Нинья по интенсивности: слабые (от $-0,7$ до $-0,9^{\circ}\text{C}$), умеренные (от $-1,0$ до $-1,6^{\circ}\text{C}$), сильные (от $-1,7$ до $-1,9^{\circ}\text{C}$) и очень сильные ($-2,0^{\circ}\text{C}$ и выше) и четыре их типа по продолжительности: короткие (4 – 6 мес), средние (7 – 12 мес), долгие (13 – 23 мес) и максимально продолжительные (24 мес и более).

При объективной классификации с использованием кластерного анализа с учетом интенсивности события, его продолжительности и максимального значения индекса ЮК выделены три типа Ла-Нинья. I тип (11 событий) характеризуется максимальной продолжительностью (свыше двух лет) и наибольшей интенсивностью. II тип (14 событий) отличается менее выраженными особенностями: умеренно слабой интенсивностью и средней продолжительностью. III типу (7 событий) соответствуют слабоинтенсивные непродолжительные или среднепродолжительные Ла-Нинья с низкими значениями индекса ЮК.

Для временного хода аномалий, соответствующих каждому из выделенных типов, характерна квазипериодичность, обусловленная, по всей видимости, низкочастотной изменчивостью в системе океан – атмосфера.

Классификация, проведенная в настоящей статье, дает достаточно исчерпывающее качественное описание явления Ла-Нинья с учетом временных изменений трех основных характеристик (интенсивности события, его продолжительности и максимального значения индекса ЮК). Такой подход удобен для практического использования информации об этом явлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *McPhaden M.J., Zebiak S.E., Glantz M.H.* ENSO as an integrating concept in Earth science // *Science*. – 2006. – 314, № 5806. – P. 1740 – 1745.
2. *Singh A., Delcroix T., Cravatte S.* Contrasting the flavors of El Nino – Southern Oscillation using sea surface salinity observations // *J. Geophys. Res.* – 2011. – 116, № C06016. – P. 0148 – 0227.
3. *Yuan Y., Yan H.-M.* Different types of La Nina events and different responses of the tropical atmosphere // *Chin. Sci. Bull.* – 2013. – 58, № 3. – P. 406 – 415.
4. *Glantz M.H.* La Nina and its impacts: facts and speculations. – New York: Unit. Nation. Univ., 2002. – 313 p.

5. *Glantz M.H.* A La Nina Summit: A Review of the Causes and Consequences of Cold Events. – Boulder: Environmental and Societal Impacts Group, NCAR, 1998. – 43 p.
6. *Rayner N.A., Parker D.E., Horton E.B. et al.* Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century // *J. Geophys. Res.* – 2003. – 108, № D14. – P. 4407 – 4418.
7. *Ropelewski C.F., Jones P.D.* An extension of the Tahiti-Darwin Southern Oscillation Index // *Mon. Wea. Rev.* – 1987. – 115, № 9. – P. 2161 – 2165.
8. *Орлов А.И.* Нечисловая статистика. – М.: МЗ-Пресс, 2004. – 513 с.
9. *Орлов А.И.* Математические методы теории классификации // *Научный журнал КубГАУ.* – 2014. – 07, № 091. – С. 1 – 28.
10. *Буреева Н.Н.* Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA» // Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». – Нижний Новгород: Нижегородский гос. ун-т, 2007. – 112 с.
11. *Trenberth K.E.* The definition of El Nino // *Bull. Am. Meteorol. Soc.* – 1997. – 78, № 12. – С. 2771–2777.
12. *Kug J.-S., Jin F.F., An S.I.* Two types of El Nino events: Cold tongue El Nino and warm pool El Nino // *J. Clim.* – 2009. – 22, № 6. – С. 1499 – 1515.
13. *Воскресенская Е.Н., Михайлова Н.В.* Классификация событий Эль-Ниньо и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе // *Доп. НАН України.* – 2010. – № 3. – С. 124 – 130.

Qualitative classification of the La Nina events

E.N. Voskresenskaya, O.V. Marchukova

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia
e-mail: elena_yoskr@mail.ru, olesjath@mail.ru*

La Nina events are selected and characterized based on the global *HadISST* dataset on sea surface temperature in the *Nino3.4* region of the equatorial Pacific in 1870 – 2013 and the values of the South Oscillation index. The obtained results constitute a foundation for their qualitative classification. With account of temporal variability of three main characteristics (intensity of the phenomenon under study, its duration, and maximum values of the South Oscillation index), three types of La Nina events are selected by the cluster analysis method.

Keywords: La Nina, El Nino – South Oscillation (ENSO), South Oscillation index, Pacific Ocean region.