

УДК 551.461.2 : 551.577.21

О.Р.Андрианова, канд. геогр. наук, ст. науч. сотр.
Отделение гидроакустики Морского
Гидрофизического института НАН Украины
ул. Преображенская, 3, Одесса-82, 65082, Украина
e-mail: olga_andr@mail.ru

МАКСИМУМЫ В МЕЖГОДОВОМ ХОДЕ УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА И ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕРНОГО МОРЯ, ИХ СВЯЗЬ С ЭЛЬ-НИНЬО

Рассмотрена повторяемость годов и амплитуд максимальных значений, наблюдающихся в длительных рядах (более 100 лет) среднегодовых высот уровня Мирового океана, Черного моря, в аналогичных рядах расходов рек Дунай и Днепр и годовых сумм осадков в Одессе. Проведено сопоставление их с годами Эль-Ниньо, оцененными по среднегодовому уровню на экваториальных станциях восточного побережья Тихого океана. Установлено, что максимальные значения в исследуемых характеристиках наблюдаются синхронно или со сдвижкой ± 2 года и их повторяемость составляет в среднем 10-12 лет. Оценены коэффициенты корреляции между уровнем моря по отдельным станциям и скоростью вращения Земли — их диапазон от ± 0.40 до $\pm 0.60-0.70$.

Ключевые слова уровень моря, максимальные значения, Эль-Ниньо, Мировой океан, Черное море, вращение Земли.

ВВЕДЕНИЕ

Повышенная активность флуктуаций климата, наблюдающаяся в последнее время, приводит к увеличению числа случаев с природными катаклизмами. Среди них особо опасными являются экстремальные температуры воздуха, ливни, наводнения, исключительно суровые или мягкие зимы, засухи, лесные пожары и другие опасные явления. Из литературных источников хорошо известно о явлении Эль-Ниньо и его глобальных последствиях [1-7]. Это аномальное явление, эпизодически развивающееся в низких широтах у восточного побережья Тихого океана, характеризуется длительным повышением на больших площадях температуры поверхности океана (на $10-14^{\circ}\text{C}$) и соответствующим заметным повышением уровня воды в Тихом океане. Продолжительность явления колеблется от 0,5 до 1,5 лет [1, 6].

Исследованиями установлено, что Эль-Ниньо характеризуется определенной повторяемостью и различной степенью интенсивности. Его подразделяют на слабые (повторяемость 2-3 года), средние (6-8 лет) и сильные с нерегулярной повторяемостью через 10-20 лет и более [4]. Наибольшее внимание уделяется исследованию сильных Эль-Ниньо, поскольку именно при них имеет место максимальное потепление поверхностных вод и повышение уровня, которое оказывает существенное влияние на колебания погоды и кратковременные вариации климата не только в области развития этого явления, но и на больших удалениях от него в различных регионах Земного шара, включая Европу [4-7]. При сильных Эль-Ниньо во многих местах планеты возникают природные катаклизмы, приводящие к катастрофическим последствиям.

Поскольку это явление сопровождается не только потеплением поверхности вод, но и резким ростом уровня океана, в настоящей работе проводилась оценка повторяемости годов с Эль-Ниньо по максимумам этой характеристики, как более надежно определяемой величине. В этом заключается новый подход к анализу этого явления.

Установленные закономерности в межгодовом ходе уровня на восточном побережье Тихого океана (на основе оценки годов максимумов и их амплитуд) сопоставлялись с аналогичными закономерностями, присутствующими в межгодовом ходе уровня всего Мирового океана, а также рядами рассмотренных ниже характеристик на акватории Черного моря. Такое сопоставление явлений в Черном море с подобными глобальными процессами, имеет большое практическое значение, поскольку может позволить выйти в дальнейшем на прогностические зависимости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для проведения данной работы послужили использованные из Интернета ряды среднегодовых высот уровня станций, собираемых по глобальной сети мировыми центрами данных Великобритании и США (Великобритания, Ливерпуль — <http://www.psmsl.org/data/obtaining/>; США, Гонолулу, Гавайский университет, электронный адрес: http://uhslc.soest.hawaii.edu/thredds/uhslc_fast.html).

Для определения повторяемости годов с Эль-Ниньо были рассмотрены временные ряды среднегодовых высот уровня на некоторых экваториальных станциях восточного побережья Тихого океана:

- Бальбоа за 1907-2010 гг.,
- Ла Либертад за 1949-2010 гг.,
- Санта Круз за 1978-1995 гг.,
- Сан Кристобаль за 1958-1968 и 1978-1984 гг.,
- остров Балтра за 1973-1977 и 1985-2010 гг.

Ввиду малой временной продолжительности рядов экваториальных станций, к анализу дополнительно были привлечены материалы среднегодовых высот уровня станции в Сан-Франциско (США), имеющей самый продолжительный ряд наблюдений (1855-2011 гг.) на этом побережье. И хотя эта станция удалена от района экваториальных широт, квазисинхронность появления годов с максимальными значениями уровня на ней подтверждалась проведенным сравнением их с годами Эль-Ниньо.

Для оценки изменений уровня Мирового океана было проведено осреднение рядов среднегодовых значений всех выбранных для анализа 172 станций, отдельно по акваториям Атлантического (37 станций вдоль западного побережья и 31 — вдоль восточного), Тихого (соответственно 35 и 36) и Индийского (33 станции) океанов. Изменчивость уровня Мирового океана была получена расчетным путем, в соответствии с работой [8], где **осреднение данных уровня велось с учетом площадей отдельных океанов (весовым способом)**. Данные об уровне по Тихому океану вводились в осреднение с весом 0.52, по Атлантическому — 0.27, по Индийскому — 0.21. В обобщенную (суммарную) кривую не вошли данные по Северному Ледовитому океану из-за их малой надежности и незначительности его удельного веса (0.04).

В мировых центрах данных, в том числе по уровню моря, сведения по Черному морю представлены небольшим количеством станций, особенно имеющие длин-

ные ряды наблюдений. Поэтому в данной работе сведения по Черному морю до 1985 г. использовались из Каталога наблюдений над уровнем Черного и Азовского морей [9], а за период до 2010 г. любезно предоставлены директором Морского отделения УкрНИГМИ Ильиным Ю.П. в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве. Данные для анализа на станциях Болгарии, Румынии и восточной части Черного моря были заимствованы из Интернета. Всего было рассмотрено 14 станций по Черному морю, продолжительность по большинству из которых составляла более 100 лет, вплоть до 2011 года.

В работе анализировались также длительные (свыше 100 лет) временные ряды расходов воды р. Дунай (пункт Рени) за 1850-2010 гг., р. Днепр (Каховская ГЭС) за 1851-2005 гг. и сумм осадков по станции Одесса-обсерватория за 1900-2011 гг.

Предварительная оценка факторов воздействия, связанных с нестабильностью вращения Земли, была проведена на основе взаимокорреляционного анализа временных рядов каждой станции с аналогичным рядом среднемесячных величин угловой скорости вращения Земли с 1955 по 2011 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве критерия для оценки интенсивности годов с максимумами уровня было использовано отношение их фактической амплитуды (разность между максимумом и минимумом) к средней ее величине за весь период наблюдений. По этому критерию все выделенные годы со значениями амплитуды уровня (выше среднего) были разделены на сильные, средние и слабые. В настоящей работе основное внимание уделено лишь годам с сильными Эль-Ниньо, для большей четкости конечного результата. Соответственно, они имели максимальные значения амплитуд уровня. При этом сведения о годах с Эль-Ниньо до 1907 года базируются на данных ст. Сан-Франциско, с 1907 до начала 50-х гг. — на данных ст. Бальбоа, а за последние 60 лет — на основании обобщения материалов наблюдений всех экваториальных станций. Отметим, что годы с наибольшими значениями уровня на рассмотренных Тихоокеанских станциях были синхронными, поэтому в табл. 1 они приведены обобщенными для региона. Установление повторяемости годов с максимальными значениями вышеупомянутых характеристик Черного моря и всего Мирового океана, наблюдающимися в межгодовом ходе, были проведены аналогично (табл. 1).

В отличие от синхронного повторения годов с максимальными значениями уровня, отмечаемых одновременно на всех станциях моря, в колебаниях амплитуды их такой аналогии не наблюдалось. Величины максимумов уровня по годам на каждой станции различались.

Анализируя приведенные в табл. 1 обобщенные данные, отметим, что повторяемость годов с сильными Эль-Ниньо, по нашим оценкам, за исследуемый период составила в среднем 12 лет, а для рассмотренных характеристик Черного моря — 11-13 лет, хотя фактический разброс их был довольно значительным (от 3 до 33 лет для Эль-Ниньо и от 3 до 22 лет для характеристик Черного моря). Отметим также, что количество лет со средними и слабыми максимумами, которые наблюдались между сильными для Эль-Ниньо с одной стороны, и для исследуемых характеристик Черного моря, с другой стороны, в среднем составляло 3 случая, а их период — 3-4 года.

Таблица 1

Годы Эль-Ниньо и максимумов: высот уровня Мирового океана, Черного моря, расходов рек Дунай, Днепр и годовых сумм осадков в Одессе

Эль-Ниньо		H_{\max} Мировой океан	H_{\max} Черное море	Q_{\max} р. Дунай	Q_{\max} р. Днепр	Σ_{\max} осадков в Одессе
H_{\max}	ТПО _{max} , [5]					
1855				1853	1853	
1862	1864			1860	1861	
1872	1871			1870	1871	
1878	1877-78		1879, 81	1878	1877	
1884	1884	1884	1883	1883	1882	
1890	1891	1890	1888	1888	1888	
1899	1899	1900	1897	1897	1895	
1911	1911-12		1910	1910	1912	1912
1914-15		1914	1915	1915	1917	1914
1918	1918	1921	1919	1919	1919	1919
1925	1925-26		1926	1926	1926	1926
1930, 32			1931	1931	1932-33	1933
1937-38			1936	1937	1937	1939
1941	1939-41	1941-42	1941	1941	1942	1941
		1952				1952
1957-58	1957-58	1958	1955	1955	1958	1958
1965, 69	1965-66		1966	1965	1966	1966
1972-73	1972	1974	1970	1970	1970	1970
1976	1976		1975	1975	1975	1976
1982-83	1982-83	1983	1981	1980	1981	1980
1986-87	1991-92	1992	1988	1987-88	1988	1988
1997-98	1997-98	1999	1999	1999	1998	1997
2010		2010	2010	2010		2010

Проведенное сопоставление и анализ годов с максимальными величинами, наблюдающимися в исследуемых характеристиках Черного моря, с аналогичными годами Эль-Ниньо позволили установить существование между ними определенной согласованности, выражающейся в их синхронном появлении или с отклонениями, не превышающими в основном ± 2 года. Выполненные при этом оценки отклонений годов с максимумами стояния уровня Черного моря и максимумами расходов реки Дунай от годов Эль-Ниньо за рассмотренный период были примерно одинаковыми, как в сторону более раннего, так и в сторону более позднего их наступления (± 1 , ± 2 года). Процент повторяемости случаев, не выходящих за пределы ± 1 год был доминирующим и составил для Дуная 68%, а для уровня Черного моря — 78%. Получается, что связь достоверна в обеих оценках. Для расходов реки Днепр и годовых сумм осадков в Одессе этот процент повторяемости случаев отклонений, не выходящих за пределы ± 1 год, оказался еще выше: соответственно

72% и 87%. При этом отмечена тенденция смещения наступления годов отклонения на +1 год (т.е. на один год позже по сравнению с годами Эль-Ниньо).

Таким образом, полученные результаты определенно свидетельствуют о наличии связи между годами Эль-Ниньо и максимумами значений у рассматриваемых характеристик на Черном море, но с запаздыванием последних на 1-2 года. Можно говорить о воздействии общих планетарных причин, вызывающих наступления максимальных значений на Черном море. Для уточнения этих связей необходимо привлечение дополнительных факторов. В работе [10] показано, что изменения в течение долговременных колебаний уровня Черного моря имеют региональные особенности, но зависят и от глобальных, и от локальных факторов воздействия. Динамика периодов изменения крупномасштабных климатических факторов за 1950-2009 годы, выраженных с помощью климатических индексов, показана в работе [11].

Важной косвенной причиной, искажающей реальные высоты уровня моря, являются вертикальные подвижки земной коры на поверхности самой Земли. Например, можно назвать гляциоизостатические послеледниковые вздымания Скандинавии и Аляски, тектонические опускания суши в районах устьев рек, катастрофические сейсмические изменения уровня, возникающие при подводных землетрясениях — цунами, и т.п. Не исключено также возможное влияние на колебания уровня Мирового океана и других процессов, происходящих внутри Земли. Среди влияющих факторов, следует особо выделить силы ротационного характера, связанные с нестабильностью вращения Земли. Как известно [3, 8, 12], в сезонной изменчивости колебаний уровня моря (и океана) присутствует хорошо выраженная полугодовая волна [13]. Аналогичная полугодовая изменчивость существует и во временном ходе угловой скорости вращения Земли [3]. Представляется перспективным на массовом материале оценить наличие корреляционной связи между ними. В случае наличия таковой целесообразно попытаться определить характер и тесноту этой связи между упомянутыми характеристиками в сезонном масштабе времени. Предварительные оценки показали, что в среднем величина коэффициента корреляции как в положительных (синфазных), так и в отрицательных (противофазных) рядах изменялась в диапазоне от ± 0.40 до $\pm 0.60-0.70$. Четко обозначились широтные особенности при изменчивости величины коэффициента корреляции и его фазовых временных сдвигов на побережьях Атлантического и Тихого океанов.

Таким образом, в качестве дополнительной представляется разработка детальных многомерных оценок вклада глобальных факторов изменения уровня связанных с влиянием Луны и Солнца, неравномерностью вращения Земли, ее вулканической и тектонической активностью.

ВЫВОДЫ

1. Сопоставление и анализ годов Эль-Ниньо с максимальными величинами, ровне Черного моря, расходах рек Дунай и Днепр и годовых сумм осадков в Одессе, показали связь между ними — синхронное их появление или с запаздыванием исследуемых характеристик Черного моря на 1-2 года.

2. В отличие от синхронного повторения годов с максимальными значениями уровня, отмечаемых одновременно на всех станциях Мирового океана, в колебани-

ях амплитуды их такой аналогии не наблюдалось. Величины максимумов уровня по годам на каждой станции различались.

3. Повторяемость лет с сильной активностью Эль-Ниньо, по нашим оценкам, за исследуемый период составила в среднем 12 лет, а для рассмотренных характеристик Черного моря — 11-13 лет, хотя фактический разброс их был довольно значительным (от 3 до 33 лет для Эль-Ниньо и от 3 до 22 лет для Черного моря). Отметим также, что количество отдельных лет со средними и слабыми максимумами, которые наблюдались между сильными явлениями Эль-Ниньо и сильными исследованными характеристиками Черного моря, составляло в среднем 3 случая, а их период был равным 3-4 года.

4. Предварительные оценки связи между колебаниями уровня моря (и океана) и ходом угловой скорости вращения Земли в сезонном масштабе времени показали, что значение коэффициента корреляции изменялось в диапазоне от ± 0.40 до $\pm 0.60-0.70$. Отмечались широтные особенности в его изменчивости величины и фазовых временных сдвигов на побережьях Атлантического и Тихого океанов.

Статья поступила в редакцию 17.05.2013

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубнов В.А. Циркуляция вод экваториальной зоны Мирового океана. — Ленинград: Гидрометеоздат. 1990. — 280 с.
2. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата. — Киев: Наукова думка. 2008. — 184 с.
3. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. — Москва: Физматлит, 2002. — 384 с.
4. Тимофеев Н.А., Юровский А.В. Прогноз Эль-Ниньо на основе спутниковой информации // Исследование Земли из космоса. — 2003. — № 3. — С. 13-20.
5. Фацук Д.Я. Коварное дитя трех стихий // Наука и жизнь. — 2004. — № 4. — С. 84-89.
6. Федоров К.Н. Этот капризный младенец — Эль-Ниньо // Природа. — 1984. — № 8. — С. 65 - 73.
7. Воскресенская Е.Н., Михайлова Н.В. Классификация событий Эль-Ниньо и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе // Доповіді НАН України. — 2010. — №3. — С. 120-124.
8. Клизе Р. К. Современные изменения уровня Мирового океана // Уровень, берега и дно океана: Отв. ред. М.Н. Сомов и О.К. Леонтьев. — Москва: Наука. 1978 а. — С.136-180.
9. Каталог наблюдений над уровнем Черного и Азовского морей. Гос. комитет СССР по гидрометеорологии. — Севастополь: СО ГОИН, 1990. — 269 с.
10. Шуйский Ю.Д. Численная оценка причин вызывающих современные относительные колебания уровня Черного моря // Тез. докл. Междунар. науч. конф. «География, общество, окружающая среда: развитие географии в странах центральной и восточной Европы»: Часть 1 / Отв. ред. проф. В.В. Орленок. — Калининград: Изд-во КГУ. 2001. — С.89-91.
11. Холопцев А.В., Некос С.В. Особенности спектров межгодовых изменений крупномасштабных климатических факторов динамики водных ресурсов планеты, в период с 1950 по 2009 гг. // Укр. Гідрометеорол. журнал. — 2010. — № 7. — С. 240-249.
12. Истошин Ю.В. Океанология. — Ленинград: Гидрометеоздат. 1969. — 470 с.
13. Андрианова О.Р., Белевич Р.Р. О связи колебаний некоторых океанографических характеристик с вариациями угловой скорости вращения Земли // Метеорология и гидрология. — 2003. — № 11. — С. 64-71.

Андрианова О.Р.

Відділення гідроакустики Морського гідрофіз.
інституту НАН України
вул. Преображенська, 3, Одеса-82, 65082,
Україна
e-mail: olga_andr@mail.ru

**МАКСИМУМИ У МІЖРІЧНОМУ ХОДІ РІВНЯ СВІТОВОГО
ОКЕАНУ І ХАРАКТЕРИСТИК ЧОРНОГО МОРЯ ТА ЇХ ЗВ'ЯЗОК З
ЕЛЬ-НІНЬО**

Резюме

Розглянуто повторюваність років і амплітуд максимальних значень, що спостерігаються в тривалих рядах (більше 100 років) середньорічних висот рівня Світового океану, Чорного моря, в аналогічних рядах витрат річок Дунай та Дніпро і річних сум опадів в Одесі. Проведено зіставлення їх з роками Ель-Ніньо, які оцінено по середньорічному рівню на екваторіальних станціях східного узбережжя Тихого океану. Встановлено, що максимальні значення в досліджуваних характеристиках спостерігаються синхронно або зі зрушенням ± 2 роки та їх повторюваність складає в середньому 10-12 років. Оцінено коефіцієнти кореляції між рівнем моря по окремим станціям і швидкістю обертання Землі — їх діапазон від ± 0.40 до $\pm 0.60-0.70$.

Ключові слова: рівень моря, максимальні значення, Ель-Ніньо, Світовий океан, Чорне море, обертання Землі.

Andrianova O.R.

Hydroacoustic Branch of Marine hydrophysical
institute of NAS of Ukraine
3, Preobrajenskaya St., Odessa-82, 65082,
Ukraine
e-mail: olga_andr@mail.ru

**THE MAXIMUM IN THE ANNUAL COURSE OF THE WORLD
OCEAN LEVEL AND CHARACTERISTICS OF THE BLACK SEA AND
THEIR CONNECTION WITH EL NIÑO**

Summary

The repeatability of the years and the maximum values amplitudes that observed in long rows (over 100 years) of the average sea levels of the World Oceans, Black Sea, in the similar rows of rivers Danube and Dnieper flow and annual precipitation in Odessa was considered. The comparison of the years with El Niño, which was appreciated by an average sea level at equatorial stations east coast of the Pacific Ocean and years of maximums was carried out. It was found that maximum values of the studied characteristics were observed synchronously or with a shift ± 2 years and its repeatability was an average of 10-12 years. The correlation coefficients between sea level on the stations and the Earth rotation were estimated — its range was from ± 0.40 to $\pm 0.60-0.70$.

Key words: sea level, maximum values, El Niño, World Ocean, Black Sea, Earth's rotation.