

ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ

УДК 551.465.2

В. Н. Еремеев¹, академик НАН Украины, докт. физ.-мат. наук, профессор,

О. Р. Андрианова², докт. геогр. наук, с.н.с.

М. И. Скипа², канд. техн. наук, директор Отделения,

¹Государственное научное учреждение «Отделение морской геологии и осадочно-го рудообразования» Национальной академии наук Украины,

ул. О. Гончара, 55б, Киев, 01054, Украина

²ГУ «Отделение гидроакустики Института Геофизики им. С. И. Субботина

Национальной академии наук Украины»,

ул. Преображенская, 3, Одесса, 65082, Украина

olga_andr@mail.ru

ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ И ИХ ОТКЛИК В ЧЕРНОМ МОРЕ

Проанализированы глобальные изменения волнового характера общего роста уровня Мирового океана, выполнено их сравнение с ходом уровня в Черном море и температурой воздуха за 1880-2010 годы. Оценена согласованность максимумов межгодовой изменчивости среднегодовых значений этих параметров с явлением Эль-Ниньо. Определены сезонные особенности в ходе уровня Черного моря, связанные с региональными процессами.

Ключевые слова: уровень моря, Мировой океан, Черное море, температура воздуха, коэффициент корреляции, долгопериодные колебания, тенденции.

ВВЕДЕНИЕ

В мировой науке приоритетными направлениями исследований по вопросам изменения климата являются потепление и непрерывное долговременное повышение уровня Мирового океана, которые определены ООН как важнейшие современные проблемы человечества. Это распространяется и на Украину как приморское государство. Глобально усредненные совокупные данные о температуре поверхности суши и океана, рассчитанные на основе линейного тренда, свидетельствуют о потеплении на 0,85 [0,65–1,06]° С за период 1880–2012 гг. [22]. Этот факт дал основание многим исследователям [8, 10, 16, 21, 26] считать XX век эпохой глобального потепления климата. Выполненные оценки по Украине в XX столетии [2, 6, 10, 15] акцентируют внимание на заметном повышении температуры воздуха в зимний период года на 1,1–1,7°С. В это же время, уровень Мирового океана показывает общую тенденцию к росту от +0,6 до +1,9 мм в год [3, 5-8, 15-18, 21-24, 26]. В соответствии с докладами Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)

(IPCC, 2001, 2007, 2013) уровень Мирового океана может повыситься на 10-30 см к 2030 г. и в пределах 30-100 см (наиболее вероятно 65 см) к концу столетия в зависимости от влияния природных и антропогенных факторов. Развивающееся в настоящее время глобальное потепление усиливает внутригодовую климатическую изменчивость и нестабильность погодных условий.

Поверхностная оболочка Земли, в общем, представляет собой систему, состоящую из различных сред (геологической, водной, воздушной), процессы в которой взаимосвязаны, поэтому их часто называют «механизмами» [16, 17]. Количество возможных механизмов долгопериодной изменчивости в системе «океан–атмосфера–криосфера–поверхность суши» чрезвычайно велико и постоянно увеличивается в связи с новыми исследованиями. Глобальные изменения в различных средах Земли, приведенные на рис. 1, показывают тенденции отдельных экзогенных процессов (процессов внешнего воздействия) на планете из большого числа различных изменений, произошедших в относительно короткий промежуток времени. Это и ускорение движения тектонических плит, и обострение проблем общепланетарного характера, в том числе сейсмической, вулканической, солнечной активности, изменение магнитного поля Земли, скорости вращения Земли, смещение земной оси, её орбитальных параметров и т. д. При этом наблюдаются изменения в атмосфере и гидросфере: увеличение температуры воздуха, таяние вечной мерзлоты, сокращение площади и массы ледникового покрова суши и полярных морей, появление и исчезновение болот, повышение уровня морей и океанов, изменение стока рек, возникновение опасных гидрометеорологических явлений (засухи, наводнений, тайфунов) и многое другое.

Несмотря на то, что географическая оболочка Земли целостная и непрерывная, для понимания происходящих процессов следует рассматривать изменения и в отдельных ее компонентах – земной коре, океане, атмосфере, криосфере.

Исследование проявлений планетарных общегеографических закономерностей в пределах океанических пространств, занимающих 70,8 % поверхности Земли и понимание механизмов крупномасштабных климатических процессов взаимодействия океана и атмосферы представляет актуальную задачу мировой научной общественности. Поэтому и процессу планетарного масштаба явлению Эль-Ниньо, связанному с Южным колебанием температур в Тихом океане (ЭНЮК) и протекающему в системе «Земля – океан – атмосфера», в последнее время уделяется всевозрастающее внимание [9, 13, 16, 22, 25]. Ведущиеся в настоящее время теоретические и статистические разработки по актуальной проблеме интенсивных ЭНЮК имеют конечную цель – долгосрочный прогноз погоды, а также прогнозы краткопериодных климатических изменений вероятности возникновения и ожидаемых последствий катастрофических явлений, вызываемых этим феноменом. Трудности решения этой задачи в значительной степени обусловлены тем, что флуктуации климата происходят под совмест-

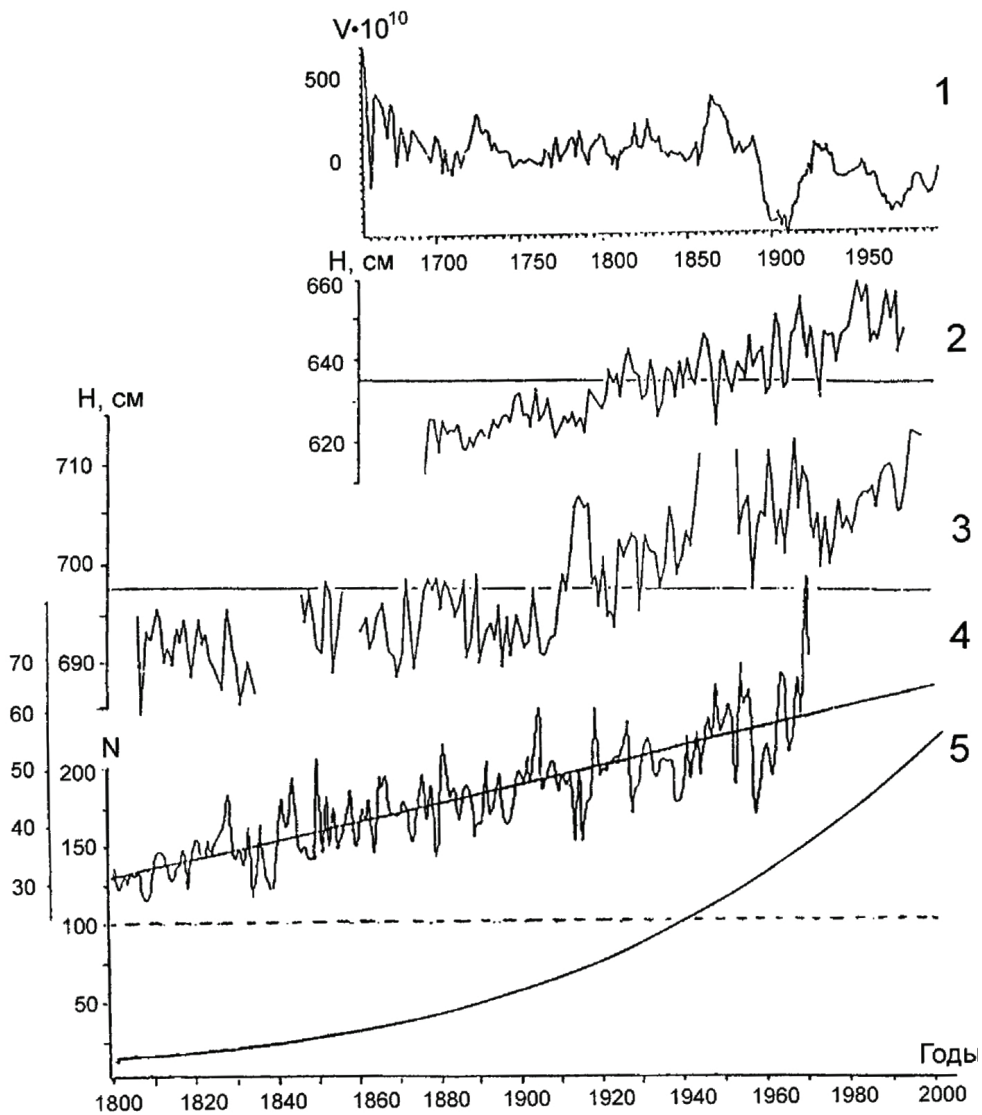


Рис.1. Глобальные тенденции процессов в различных средах Земли [16]

1 – снижение скорости вращения Земли; 2 – рост уровня приливов в Куксхавене; 3 – рост уровня океана в Бресте (Северная Атлантика); 4 – увеличение количества извержений вулканов; 5 – рост числа землетрясений

ным влиянием процессов нелинейного характера, отмечающихся одновременно в твердой оболочке Земли, Мировом океане и атмосфере и приобретают локальные черты [16, 17]. Уровень океана является косвенным показателем процессов в океане и атмосфере, и анализ его изменений позволит приблизиться к решению проблемы прогноза аномальных явлений в океане и, в частности, Эль-Ниньо.

Вся совокупность ранее установленных фактов формирования крупномасштабных климатических процессов, значимо влияющих на системы «океан–атмосфера–атмосфера–поверхность суши» позволяет нам разработать подход к оценке динамики долгопериодных колебаний уровня в отдельных районах Мирового океана, в том числе – и Черного моря.

Цель работы – оценить глобальные тенденции в долговременных климатических изменениях – колебаниях уровня на побережьях Мирового океана и его отдельных регионов (на примере Черного моря) и температуры воздуха за 1880-2010 годы, провести их сравнение и выделить общие и различные закономерности по сопоставлению количественных характеристик.

Для достижения поставленных целей были сформулированы следующие задачи исследования:

1. Оценить глобальные изменения в долговременных колебаниях уровня, как на побережьях Мирового океана, так и его отдельных регионов (на примере Черного моря) и провести их сравнение между собой и с температурой воздуха за 1880-2010 годы.

2. Выделить общие закономерности в изменчивости среднегодовых значений уровня всего Мирового океана и отдельно Черного моря и их связь с годами, когда происходит явление Эль-Ниньо.

3. Проанализировать региональные особенности изменения уровня Черного моря и их сезонные черты.

Широкий спектр пространственно-временных масштабов колебаний уровня океанов предполагает выбор соответствующих задачам временных диапазонов для исследования. В условиях усиления антропогенного влияния и изменений климата на передний план выходит анализ колебаний, имеющих практическое и прогностическое значение – внутри и межгодовой изменчивости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований глобальных климатических изменений в Мировом океане использовались наблюдения над уровнем моря на станциях отдельно по побережьям Атлантического Тихого и Индийского океанов (всего 172 станции), которые представлены базами данных в Интернете на двух сайтах [20, 27] с массивами среднемесячных и среднегодовых значений за период 1880-2010 гг. Сведения по уровню Черного моря в мировых центрах данных представлены небольшим количеством станций, а длинные ряды наблюдений на них встречаются в ограниченном количестве случаев. Поэтому данные на-

блюдений за уровнем Черного моря (аналогичные океанским) получены из других публичных источников [12] и в рамках взаимодействия между заинтересованными организациями.

Получение оценок глобальных изменений в долговременных колебаниях уровня, как на побережьях Мирового океана, так и его отдельных регионов (на примере Черного моря) выполнялось на основе стандартных статистических методов анализа. Наибольшей проблемой при проведении статистических оценок и сравнений являлись пропуски в рядах наблюдений и их разная временная продолжительность. Пропуски в среднемесячных рядах от одного до шести месяцев, а в годовых – до одного года, по возможности восстанавливались. Они заполнялись в отдельных, оговариваемых случаях, вычисленными климатическими нормами или с помощью метода водного нивелирования [14].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

Результаты статистического анализа показали, что периоды доминирующих колебаний в ходе уровня на побережьях Тихого и Атлантического океана, составили широких спектр 2; 3; 4; 7-8; 11 и 13-14 лет. Рассчитанный нами реальный рост уровня океанов за текущее столетие приведен на рис. 2 (кривая 1). Для оценки изменчивости уровня Мирового океана расчеты проводились с учетом (весовым способом) площадей отдельных океанов при осреднении. Для оценки изменчивости уровня Мирового океана расчеты проводились с учетом (весовым способом) площадей отдельных океанов при осреднении [3, 11]. Выполненное сравнение рассчитанных величин изменения уровня Мирового океана за 1880-2010 гг., с данными, полученными Р. К. Клиге за 1900-1964 годы [11] (соответственно кривые 1 и 2 на рис.2), и со сведениями об уровне, приве-

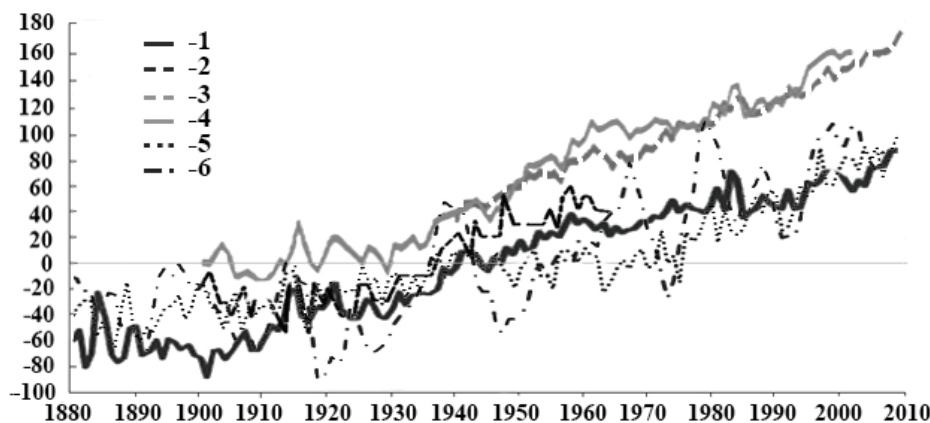


Рис. 2. Сравнение рассчитанных величин изменения уровня Мирового океана по нашим данным за 1880-2010 гг. (1), Клиге Р. К. за 1900-1964 гг. (2) [11], J. A. Church and N. J. White за 1940-2010 (3) [21], Jevrejeva S. с соавторами за 1900-1999 гг. (4) [26], глобальной температуры воздуха, умноженной на 100 (5) и уровня Черного моря, сглаженного 5-летним осреднением (6)

денными в последнем, 5-ом отчете группы экспертов в 2013 г. [22] (на рисунке 2 – кривые 3 и 4) – показало, что на большей части рассмотренного временного диапазона отмечается согласованность колебаний уровня.

На рис. 2 также приводится рассчитанное изменение глобальной температуры воздуха за 1880-2010 гг. (кривая 5), которое синхронно с ходом изменений уровня Мирового океана (коэффициент корреляции 0.88). Несколько ниже коэффициент корреляции (0.77) между изменениями уровня в Мировом океане и в Черном море (рис. 2, кривая 6). При этом на сглаженной 5-ти летним осреднением кривой изменений уровня в Черном море проявляется более существенный разброс колебаний, связанный с региональными особенностями.

Присутствующие на рассмотренных кривых межгодового хода уровня максимумы его поднятия являются глобальными, так как отмечаются по всем параметрам. Поскольку годы максимумов уровня, которые отмечаются на всех кривых квазисинхронно, совпадают с годами Эль-Ниньо [5], таким образом проявляется связь изменений уровня с явлением Эль-Ниньо. Эту общепланетарную закономерность наиболее наглядно отражает рис. 3, на котором показан многолетний ход уровня моря (пунктирная линия) и сглаженный 5-летним осреднением (сплошная линия) на океанских станциях Ла Либертад, Бальбоа, сопоставленных с черноморскими станциями Очаков, Севастополь и Туапсе. Заштрихованы зоны с максимумом уровня.

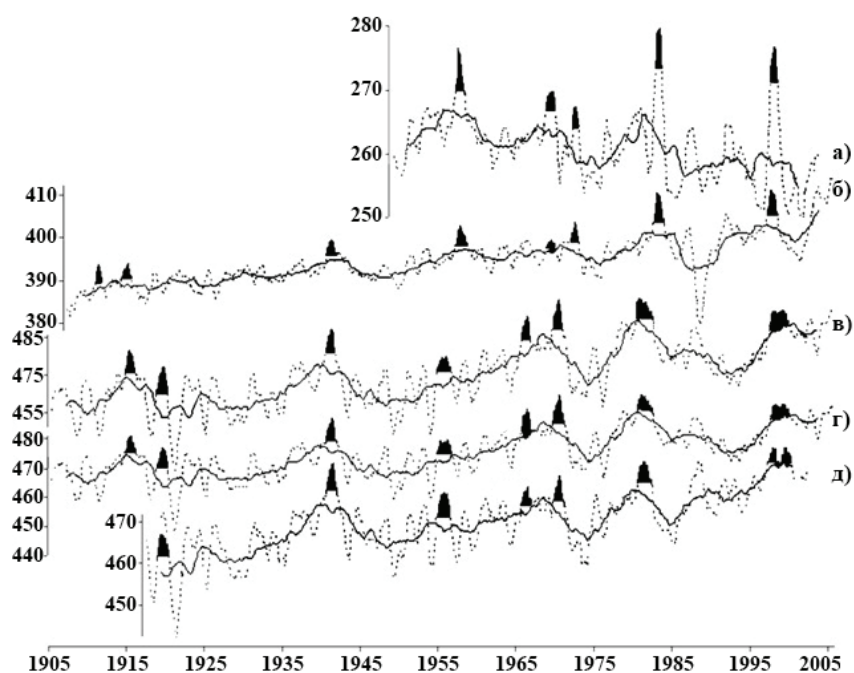


Рис. 3. Среднегодовой (пунктирная линия) и сглаженный 5-летним осреднением (сплошная линия) многолетний ход уровня моря на станциях: а – Ла Либертад, б – Бальбоа, в – Очаков, г – Севастополь, д – Туапсе

В табл. 1 приведено сравнение годов с максимальными значениями (за период более 100 лет) среднегодовых высот уровня Мирового океана, Черного моря, расходов рек Дунай и Днепр и годовых сумм осадков в Одессе. При этом отмечено, что максимальные значения появляются квазисинхронно и их повторяемость составляет в среднем 10-12 лет [2, 3, 5, 7].

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		Н _{max} Мировой океан	Н _{max} Черное море	Q _{max} р. Дунай	Q _{max} р. Днепр	Σ _{max} осадков в Одессе
Н _{max}	ТПО _{max} , [27]					
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	1915	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

Процент повторяемости случаев, не выходящих за пределы ± 1 год был доминирующим и составил для Дуная 68%, Днестра –72% и годовых сумм осадков в Одессе –87%, а для уровня Черного моря – 78%. Связь достоверна в этих оценках по критерию Стьюдента.

Как отмечено в одном из первых мировых авторитетных отчетов по изменениям климата в 1996 году [23], наиболее мощным внутренним механизмом изменений в океаносфере считается явление Эль-Ниньо. События, аналогичные Эль-Ниньо, хотя и не в столь драматической форме, изредка (1926, 1939, 1949, 1963, 1968, 1984 гг.) происходят и в восточной тропической Атлантике. Однако, в общем, для Гвинейского залива более характерен регулярный сезонный цикл температуры поверхности океана. Это, по-видимому, связано с преобладанием сезонной изменчивости пассатного ветра над межгодовой в низких широтах Атлантики. Согласно Виртки [28], типичное Эль-Ниньо продолжается около 16 месяцев – два лета и одну зиму – и характеризуется двумя летними «пиками» температурной аномалии.

Концепция формирования крупномасштабных климатических аномалий в экваториальной части Тихого океана, включая Эль-Ниньо, в результате неустойчивого взаимодействия тропического океана и атмосферы представляется наиболее физически обоснованной и продуктивной. Продвижение вперед в решении этой проблемы требует исследований на совместной модели общей циркуляции океана и атмосферы.

Общая тенденция эвстатического повышения уровня Черного моря (рис. 2, кривая б), согласуется с ростом его в Мировом океане (1-2 мм/год), а в колебаниях доминируют 20-30, 10-13 летние, 3,5-5,7, квази-двухлетние, годовые и полугодовые волны. Оценка динамики среднегодового уровня моря (1905–2005 гг.) на черноморском побережье (рис. 3 в-д) показала наличие положительного тренда (от 0,7 до 1,8 мм/год) с увеличением скорости роста в конце XX – начале XXI веков до 8,6 мм/год.

Выполненные нами ранее исследования [1, 2, 6] особенностей вековой климатической изменчивости температуры воздуха, воды, осадков, солености и уровня моря в Черном море и расходов рек Дуная и Днестра также подтвердили по отдельному региону общую тенденцию потепления климата планеты в 1880-2010 гг. (температура воздуха повысилась на 0,9°C, воды – на 0,5°C). При этом отмечено появление во второй половине XX века в сезонной изменчивости осадков, уровня моря и расходов рек хорошо выраженного второго экстремума в холодное время года.

Поскольку изменения уровня Черного моря носят четко выраженный сезонный ход, который был наиболее энергоемким при статистическом анализе колебаний, нами оценены ряды годовых циклов уровня по станциям западной части Черного моря (Севастополь, Очаков, Одесса, Приморское, Вилково, Бургас, Варна) за последние 100 лет (рис. 4). При их анализе было обнаружено существование вместе с основным сезонным экстремумом, обусловленным

речным стоком, который наблюдался ежегодно, эпизодическое появление еще двух экстремумов: достаточно часто – зимнего (75-90% случаев) и сравнительно редко – летнего (18% случаев) (рис. 4).

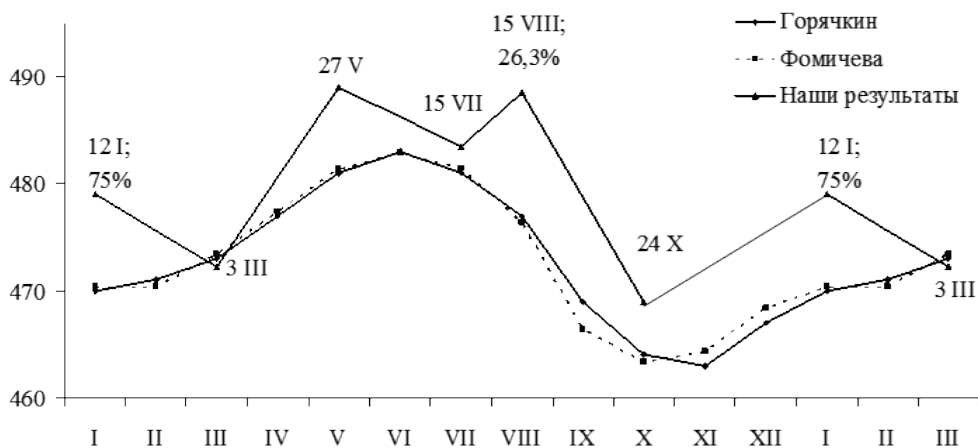


Рис. 4. Сезонный ход экстремумов уровня западной части Черного моря, осредненный по всем выбранным станциям

В заключение наших оценок колебаний уровня Мирового океана и их сравнения с уровнем Черного моря можно отметить, что основные процессы, связанные с динамикой уровня проявляются на разных масштабах, так как находятся под действием многих факторов. Изменения уровня, как в Черном море, так и в Мировом океане синхронны на низкочастотных масштабах (их период более 5 лет). Они находятся под влиянием глобальных климатических процессов на нашей планете. Наблюдающиеся кратковременные колебания выделяются региональными особенностями и определяются локальными факторами [2, 4, 9, 15, 16].

ВЫВОДЫ

1. Глобальные климатические изменения находят отклик в долговременных колебаниях уровня, как на побережьях Мирового океана, так и его отдельных регионов (в частности, Черного моря).

2. Сравнение долговременных изменений волнового характера общего роста уровня Мирового океана с ходом уровня в Черном море и температурой воздуха за 1880-2010 годы показало их согласованность (коэффициент корреляции 0,77 и 0,88 соответственно).

3. Установлено, что максимумы межгодовой изменчивости среднегодовых значений уровня всего Мирового океана и отдельно Черного моря приходится

на годы, когда происходит явление Эль-Ниньо. Таким образом, через явление Эль-Ниньо (которое связывают с планетарными волнами) проявляется воздействие крупномасштабной климатической аномалии. Оно отражает тенденции изменения уровня всего Мирового океана и отдельных его регионов.

4. Выделены сезонные особенности в ходе уровня Черного моря – установлено существование вместе с основным сезонным экстремумом, обусловленным речным стоком, который наблюдался ежегодно, эпизодическое появление еще двух экстремумов: достаточно часто – зимнего (75-90% случаев) и сравнительно редко – летнего (18% случаев).

5. Региональные процессы изменения уровня Черного моря имеют другие масштабы колебаний, поскольку находятся под влиянием локальных факторов на фоне климатических процессов.

Поступила 6. 11. 2015 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианова О. Р. Оценка связи колебаний уровня Черного моря на станциях северо-западного побережья с расходами рек Днепр и Дунай [Текст] / О. Р. Андрианова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2006. – №1. – С. 241-247. – Библиогр. : с. 246.
2. Андрианова О. Р. Максимумы в межгодовом ходе уровня Мирового океана и характеристик Черного моря и их связь с Эль-Ниньо [Текст] / О. Р. Андрианова // Вісник Одеського Національного університету ім. І. І. Мечнікова серія «Географічні та геологічні науки». – 2013. – Т.18. – Вып. 2(18). – С. 54-60. – Библиогр.: с. 59.
3. Андрианова О. Р. Многолетние колебания уровня Мирового океана: тенденции и причины. [Текст] / О. Р. Андрианова – Одесса: Астропринт, 2014. – 160 с. – ISBN 978-966-190-960-0. – Библиогр. : с. 131-149.
4. Андрианова О. Р. Тенденции изменений уровня на побережье Черного моря и в отдельных регионах Мирового океана за последнее десятилетие [Текст] / О. Р. Андрианова // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: сб. научн. тр. – Севастополь. – 2011. – Т. 1. – Вып. 25. – С. 149-156. – Библиогр. : с. 155.
5. Андрианова О. Р. Тенденции межгодовых колебаний уровня Мирового океана в течение последнего столетия [Текст] / О. Р. Андрианова, А. А. Батырев, Р. Р. Белевич // Сб. научн. трудов. – Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь. – 2012. – Т. 1. – Вып. 26. – С. 123-133. – Библиогр.: с. 132-133.
6. Андрианова О. Р. Об особенностях изменчивости основных климатических характеристик Одессы в XX столетии [Текст] / О. Р. Андрианова, Р. Р. Белевич, М. И. Скипа // Морской гидрофизический журнал. – 2005. – №4. – С. 19-29. – Библиогр.: с. 29.
7. Андрианова О. Р. О долгопериодных колебаниях уровня Черного моря и отдельных регионов Мирового океана [Текст] / Андрианова О. Р., Белевич Р. Р., Скипа М. И. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: сб. научн. тр. – Севастополь. – 2010. – Вып.23. – С.22-33. – Библиогр.: с. 32.
8. Горячкин Ю. Н. Уровень Черного моря: прошлое, настоящее и будущее [Текст] / Ю. Н. Горячкин, В. А. Иванов; под редакцией академика НАН Украины Еремеева В. Н. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. – 210 с. – Библиогр.: с. 180.
9. Еремеев В. Н. Проявление фазы Эль-Ниньо – Южное колебание в географическом положении внутритропической зоны конвергенции [Текст] / В. Н. Еремеев, А. Е. Букатов, М. В. Бабий, А. А. Букатов // Доповіді Національної академії наук України. – 2011. – № 10. – С. 93-98. – Библиогр. : с. 97.
10. Ефимов В. В. Изменение климата Украины в XX столетии / В. В. Ефимов, В. Н. Еремеев [Текст] // Доп. НАН України. – 2003. – № 1. – С. 106-111. – Библиогр.: с. 110.

11. *Калинин Г. П.* Некоторые особенности современных изменений уровня океана [Текст] / Г. П. Калинин, Е. И. Бреслав, Р. К. Клиге // Колебания уровня Мирового океана и вопросы морской геоморфологии. Сборник статей. Ин-т вод. пробл. – Москва: Наука, 1975. – С. 3-12. – Библиогр. : с. 12. – 1100 экз.
12. Каталог наблюдений над уровнем Черного и Азовского морей. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии. [Текст] – Гос. океанографический институт. Севастопольское отделение. – Севастополь. 1990. – 269 с. – Библиогр. : нет.
13. *Нестеров Е. С.* Изменчивость характеристик атмосферы и океана в Атлантико-Европейском регионе в годы событий Эль-Ниньо и Ла-Ниньо [Текст] / Е. С. Нестеров // Метеорология и гидрология. – 2000. – №8. – С.74-83. – Библиогр. : с. 82.
14. *Победоносцев С. В.* Использование водного нивелирования для проверки и восстановления значений уровня моря [Текст] / С. В. Победоносцев // Труды Государственного океанографического института. – 1978.– Вып.137. – С. 97-107. – Библиогр. : с. 106.
15. *Полонский А. Б.* Роль океана в изменениях климата [Текст] / А. Б. Полонский. – Киев: Наукова Думка, 2008. – 184 с. – Библиогр. : с. 163.
16. Современные глобальные изменения природной среды [Текст] / Отв. ред. Н. С. Касимов, Р. К. Клиге. В 2-х томах. – Москва: Научный мир, 2006. – Т. 1. – 696 с.; 13 цв. вкл. Библиогр.: нет – 1500 экз. – ISBN 5-89176-335-4.
17. Современные глобальные изменения природной среды. [Текст] / Отв. ред. Н. С. Касимов, Р. К. Клиге. В 2-х томах – Москва: Научный мир, 2006. – Т. 2. – 2006. – 776 с. 19 цв. илл. Библиогр. : нет – 1500 экз. – ISBN 5-89176-336-2.
18. *Шуйский Ю. Д.* Волновое влияние на берега морей на фоне современных изменений климата [Текст] / Ю. Д. Шуйский // Доповіді НАН України. – 1996. – №10. – С. 119-122.
19. *Шуйский Ю. Д.* Об основных тенденциях долговременного изменения уровня в западной части Черного моря и их возможное влияние на берега [Текст] / Ю. Д. Шуйский, В. Д. Пейчев, С. С. Черкашин // Исследование береговой зоны морей. – Киев: Научное издание ИГН, ИППЭГТ НАН Украины, ОНУ им. И. И. Мечникова МОН Украины. – 2001. – С. 273-284. – Библиогр. : с. 283.
20. Catalog [Электронный ресурс]: Режим доступа – <http://uhslc.soest.hawaii.edu/thredds/catalog.html> [Accessed 5 November 2015]
21. *Church J. A.* Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century [Текст] / J. A. Church, N. J. White // Surv. Geophys. – 2011. –32. – pp. 585–602. – Библиогр. : с. 602. Doi: 10.1007/s10712-011-9119-1.
22. Climate Change 2013: The Physical Science Basis [Электронный ресурс]: – Режим доступа – www.climatechange2013.org/report/ [Accessed 5 November 2015]
23. Climate Change 1995: IPCC Second Assessment Report: Working Group I: The Science of Climate Change. [Текст] / Cambridge University Press, – Cambridge. 1996. – 571 p. – Библиогр.: нет.
24. Climate Change 2007: IPCC Fourth Assessment Report: Working Group I Report «The Physical Science Basis». [Текст] / Cambridge University Press, – Cambridge. – 2007. – 52 p. Библиогр.: нет.
25. *Moron V.* Seasonal modulation of the El Nino-Southern Oscillation relationship with sea level pressure anomalies over the North Atlantic in October–March, 1873–1996 [Текст] / V. Moron, I. Gouirand // Int. J. of Climatol. – 2003. – V.23. – N2. – P. 143–156. – Библиогр. : с. 156.
26. Nonlinear Trends and Multiyear Cycles in Sea Level Records [Текст] / [Jevrejeva S., Grinsted A., Moore J. C., Holgate S.] // Journal of Geophysical Research. – 2006. – Vol. 111. – C09012. Doi: 10.1029/2005JC003229.
27. Permanent Service for Mean Sea Level [Электронный ресурс]: Режим доступа – <http://www.psmsl.org/> [Accessed 5 November 2015].
28. *Wyrtki K.* Water displacements in the Pacific and the genesis of El Nino cycles [Текст] / K. Wyrtki // Journal of Geophysical Research. – 1985. – 90 (C4). – P. 7129-7132. – Библиогр. : с. 7132.

REFERENCES

1. Andrianova, O. R. (2006), Otsenka svyazi kolebaniy urovnya Chernogo morya na stantsiyakh severo-zapadnogo poberezh'ya s raskhodami rek Dnepr i Dunay [Evaluation of the connection of level fluctuations the Black Sea at the north-west coast stations with the flow of Danube and Dniro rivers], *Ukrainian hydrometeorological journal*, vol. 1, pp. 241-247.
2. Andrianova, O. R. (2013), Maksimumy v mezhgodovom khode urovnya Mirovogo okeana i kharakteristik Chernogo morya i ikh svyaz' s El'-Nin'o [Maximums in the annual sea levels of the oceans and the characteristics

- of the Black Sea and its connection with El Niño], *Visnyk of Odesa National Mechnikov University: Geography and Geology sciences*, Odessa, vol.18, N 2(18), pp. 54-60.
3. Andrianova, O. R. (2014), *Mnogoletniye kolebaniya urovnya Mirovogo okeana: tendentsii i prichiny*. [Long-term fluctuations in the level of the World ocean: the trends and factors], Odessa: Astroprint, 160 p.
 4. Andrianova, O. R. (2011), Tendentsii izmeneniy urovnya na poberezh'ye Chernogo morya i v ot-del'nykh regionakh Mirovogo okeana za posledneye desyatiletie. [Trends in changes in the level of the Black Sea and in certain regions of the oceans in the last decade], *Ecological safety of coastal and shelf zones and comprehensive use of shelf resources: Collected Scientific papers*, Sevastopol, vol.1, N 25, pp. 149-156.
 5. Andrianova, O. R., Batyrev, A. A., Belevich, R. R. (2012), Tendentsii mezhdodovykh kolebaniy urovnya Mirovogo okeana v techeniye poslednego stoletiya. [Tendencies of interannual fluctuations of global sea level within the last century], *Ecological safety of coastal and shelf zones and comprehensive use of shelf resources: Collected Scientific papers*, Sevastopol, vol.1, N 26, pp.132-133.
 6. Andrianova, O. R., Belevich, R. R., Skipa, M. I. (2005), Ob osobennostyakh izmenchivosti osnovnykh klimaticheskikh kharakteristik Odessy v XX stoletii. [About features of variability of the main climatic characteristics of Odessa in the XX century], *Sea hydrophysical journal*, N 4, pp.19-29.
 7. Andrianova, O. R., Belevich, R. R., Skipa, M. I. (2010), O dolgoperiodnykh kolebaniyakh urovnya Chernogo morya i ot-del'nykh regionov Mirovogo okeana. [About long-period fluctuations of level of the Black Sea and certain regions of the World Ocean], *Ecological safety of coastal and shelf zones and comprehensive use of shelf resources: Collected Scientific papers*, Sevastopol, vol. 23, pp.22-33.
 8. Goryachkin, Y. N., Ivanov, V. A. (2006) *Uroven' Chernogo morya: proshloye, nastoyashcheye i budushcheye*. [Level of the Black Sea: last, real and future], Sevastopol: Marine hydrophysical institute NAS of Ukraine, 180 p.
 9. Ereemeev, V. N., Bukatov, A. E., Babiy, M. V., Bukatov, A. A. (2011), Proyavleniye fazy El'-Nin'о – Yuzhnoye kolebaniye v geograficheskom polozhenii vnutritropicheskoy zony konvergentssii. [Manifestation of the phase El Niño – the Southern fluctuation in a geographical position of an intra-tropical zone of convergence], *Reports of the National academy of sciences of Ukraine*, N 10, pp. 93-98.
 10. Efimov, V. V., Ereemeev, V. N. (2003), Izmeneniye klimata Ukrainy v XX stoletii. [Change of climate of Ukraine in XX century], *Lectures of the National academy of sciences of Ukraine*, N 1, pp. 106-111.
 11. Kalinin, G. P., Breslav, E. I., Klige, R. K. (1975), Nekotoryye osobennosti sovremennykh izmeneniy urovnya okeana. [Some features of modern changes of level of ocean], *Fluctuations of level of the World ocean and questions of marine geomorphology: Collected Scientific papers, Institute of water problems*, Moscow, Nauka, pp. 3-12.
 12. Katalog nablyudeniy nad urovnem Chernogo i Azovskogo morey. Gosudarstvennyy komitet SSSR po gidrometeorologii. (1990), [The catalog of supervision over the level of the Black and Azov seas. State committee USSR on hydrometeorology], *State oceanographic institute. Sevastopol office, Sevastopol*, 269 p.
 13. Nesterov, E. S. (2000), Izmenchivost' kharakteristik atmosfery i okeana v Atlantiko-Yevropeyskom regione v gody sobytiy El'-Nin'о i La-Nin'о [Variability of characteristics of the atmosphere and the ocean in the Atlantiko-Evropеysky region in days of events of El Niño and La-Niño], *Meteorology and hydrology*, N 8, pp.74-83.
 14. Pobedonoshev, S. V. (1978), Ispol'zovaniye vodnogo nivelirovaniya dlya proverki i vosstanovleniya znacheniy urovnya moray. [Use of water leveling for check and restoration of values of sea level], *Works of the State oceanographic institute*, N 137, pp. 97-107.
 15. Polonskiy, A.B. (2008), Rol' okeana v izmeneniyakh klimata. [Ocean role in climate changes], Kiev, Naykova Dumka, 184 p.
 16. Kasimov, N. S., Klige, R. K. (2006), Sovremennyye global'nyye izmeneniya prirodnoy sredy. [Modern global changes of environment], Moscow, Nauchnyy mir, vol.1, 696 p.
 17. Kasimov, N. S., Klige, R. K. (2006), Sovremennyye global'nyye izmeneniya prirodnoy sredy. [Modern global changes of environment], Moscow, Nauchnyy mir, vol. 2, 776 p.
 18. Schuiskiy, J. D. (1996), Volnovoye vliyaniye na berega morey na fone sovremennykh izmeneniy klimata. [The wave effect on the sea shore in the background of modern climate changes], *Reports of the National academy of sciences of Ukraine*, N 10, pp. 119-122.
 19. Schuiskiy, J. D., Psychev, V. D., Cherkaschin, S. S. (2001), Ob osnovnykh tendentsiyakh dolgovremennogo izmeneniya urovnya v zapadnoy chasti Chernogo morya i ikh vozmozhnoye vliyaniye na berega. [About the main tendencies of long-term change of level in the western part of the Black Sea and their possible influence

- on coast], Исследование береговой зоны морей. *Research of a coastal zone of the seas*, – Kiev, *Scientific publication IGS, IAPÉ NAS of Ukraine, National Mechnikov Universitet of Odesa*, pp. 273-284.
20. Catalog, available at: <http://uhslc.soest.hawaii.edu/thredds/catalog.html> [Accessed 5 November 2015]
 21. Church, J. A., White, N. J. (2011), Sea-Level Rise from the Late 19th to the Early 21st Century, *Surv. Geophys.*, vol. 32, pp. 585-602.
 22. Climate Change 2013: The Physical Science Basis, available at: www.climatechange2013.org/report/ [Accessed 5 November 2015]
 23. Climate Change (1995), *IPCC Second Assessment Report: Working Group I: The Science of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 571 p.
 24. Climate Change (2007), *IPCC Fourth Assessment Report: Working Group I Report «The Physical Science Basis»*, Cambridge University Press, Cambridge, 52 p.
 25. Moron, V., Gouirand, I. (2003), Seasonal modulation of the El Nino-Southern Oscillation relationship with sea level pressure anomalies over the North Atlantic in October–March, 1873–1996, *Int. J. of Climatol.*, vol.23, N 2, pp.143-156.
 26. Jevrejeva, S., Grinsted, A., Moore, J.C., Holgate, S. (2006), Nonlinear Trends and Multiyear Cycles in Sea Level Records, *Journal of Geophysical Research*, vol. 111, C09012.
 27. Permanent Service for Mean Sea Level: <http://www.psmsl.org/> [Accessed 5 November 2015]
 28. Wyrтки, K. (1985), Water displacements in the Pacific and the genesis of El Nino cycles, *Journal of Geophysical Research*, vol. 90 (C4), pp. 7129-7132.

В. М. Єрмеєв¹, академік НАН України, докт. фіз.-мат. наук, професор,

О. Р. Андріанова², докт. геогр. наук, с.н.с.

М. І. Скіпа², канд. техн. наук, директор Відділення,

¹ Державна наукова установа «Відділення морської геології та осадового рудоутворення Національної академії наук України»,
вул. О. Гончара, 55б, Київ, 01054, Україна

² Державна установа «Відділення гідроакустики Інституту Геофізики

ім. С.І. Субботіна Національної академії наук України»,

вул. Преображенська, 3, Одеса, 65082, Україна

olga_andr@mail.ru

ГЛОБАЛЬНІ КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ У СВІТОВОМУ ОКЕАНІ ТА ЇХ ВІДГУК В ЧОРНОМУ МОРІ

Резюме

Проаналізовано глобальні зміни хвильового характеру загального зростання рівня Світового океану, виконано їх порівняння із ходом рівня у Чорному морі та температурою повітря за 1880-2010 роки. Оцінена узгодженість максимумів міжрічної мінливості середньорічних значень цих параметрів з явищем Ель-Ніньо. Визначено сезонні особливості в ході рівня Чорного моря, пов'язані з регіональними процесами.

Ключові слова: рівень моря, Світовий океан, Чорне море, температура повітря, коефіцієнт кореляції, довготривалі коливання, тенденції.

V. M. Yeremeyev¹
O. R. Andrianova²
M. I. Skipa²

¹Department of Marine Geology and Sedimentary Ore-Formation
of National Academy of Science of Ukraine
Honchar St., 55 b, Kiev, 01054, Ukraine

²SI «Hydroacoustic Branch of Institute of Geophysics of National Academy
of Science of Ukraine»
Preobragenskaya St., 3, Odesa, 65082, Ukraine
olga_andr@mail.ru

GLOBAL CLIMATE CHANGES IN THE WORLD OCEAN AND THEIR RESPONSE IN THE BLACK SEA

Abstract

Purpose. By definition of United Nations, global warming and continuous long-term sea-level rise are the most important problems of modern humanity, that are associated with the climate change. This statement can be extended also to Ukraine as a coastal country. The main purpose of this work is about estimation of global trends in the natural processes and identification of the Black Sea level fluctuations' features in comparison with corresponding trends in the World Ocean.

Data & Methods. Researches of changes of the World Ocean's and Black Sea's level were carried out by monthly and annual average values for the years 1880-2010, which are presented on the Internet. All our results were analyzed on the scale of the interannual and seasonal variability.

Results. The coherence of maximums in the annual variability of mean annual level of the World Ocean and the Black Sea is estimated and their correspondence to El Niño phenomenon is shown. These results reflect trends in the level changing for all the World Ocean and its separate regions. So, the large-scale climatic anomaly affects to the environment by the El Niño phenomenon (which is associated with the planetary waves). Comparison of the level's changing of the World Ocean and the Black Sea with the global fluctuations of air temperature is conducted; correlation is calculated. The seasonal features of the Black Sea's level in the 20th century are identified.

Keywords: Sea level, World Ocean, Black Sea, temperature, correlation, long term fluctuations, trends.