

ЕКОЛОГІЯ ОКЕАНІВ ТА МОРИВ

УДК 551.461.2

О. Р. Андрианова, канд. геогр. наук, ст.н.с.

Отделение гидроакустики Института Геофизики им. С. И. Субботина

Национальной академии наук Украины,

ул. Преображенская, 3, Одесса, 65082, Украина

olga_andr@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

Выполнен анализ факторов, определяющих изменения уровня Мирового океана. Колебания уровня океанов по данным разных авторов сопоставлены с нашими оценками за период с 1880 по 2010 гг.: тренд в Атлантическом океане – $1,85 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, в Тихом и Индийском океанах меньше – соответственно $1,71$ и $1,79 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, а в целом по Мировому океану – $1,76 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$. Показан согласованный волновой характер общего роста уровня океанов с этапами слабого и интенсивного его повышения и согласованность максимумов межгодовой изменчивости среднегодовых значений с явлением Эль-Ниньо.

Ключевые слова: уровень моря, тренд, межгодовые колебания, Атлантический, Тихий, Индийский, Мировой океан.

ВВЕДЕНИЕ

Крупномасштабные глобальные изменения природной среды в настоящее время становятся все более очевидными. Они прослеживаются во всех геосферах Земли и оказывают все возрастающее влияние на развитие человеческого общества [17, 18]. Причинами глобальных изменений являются как естественные колебания в развитии природных процессов под воздействием планетарной эволюции Земли, мощного воздействия гелиокосмических факторов, так и нарастающая активность деятельности человека. Главным фактором глобальных изменений в XX столетии и в настоящее время является прогрессирующее потепление климата [17, 18], которое продолжается уже больше 100 лет. Первый максимум потепления был отмечен в 40-е годы прошлого столетия и составил $0,5^\circ\text{C}$. Затем до середины 60-х годов наблюдалось некоторое снижение глобальной приземной температуры воздуха в пределах $0,2^\circ\text{C}$, которое затем сменилось дальнейшим повышением температуры в более ускоренном темпе, достигшем второго максимума в конце 90-х годов, составившем в среднем $0,75^\circ\text{C}$ при общей амплитуде температурных изменений в $1,27^\circ\text{C}$ в период 1861-2000 гг. [11].

Глобальное потепление климата охватило северное полушарие и слабее затронуло южное полушарие. Северное полушарие прогрелось на $0,3^\circ\text{C}$ боль-

ше, чем южное – более океаническое и с большей массой льда. Потепление в северном полушарии на территории суши [17] происходило в среднем от $-0,63^{\circ}$ до $+0,60^{\circ}\text{C}$, т. е. оно составило $1,23^{\circ}\text{C}$ при общей амплитуде в $1,84^{\circ}\text{C}$ (от $-1,04^{\circ}$ (1862 г.) до $+0,80^{\circ}\text{C}$ (1991 г.)). В пределах морской акватории потепление в среднем возрастало от $-0,45^{\circ}$ до $+0,20^{\circ}\text{C}$, т. е. в целом составило $0,65^{\circ}\text{C}$ при общей амплитуде в $0,88^{\circ}\text{C}$ от $-0,60^{\circ}$ (1862 г.) до $+0,28^{\circ}$ (1991 г.). Таким образом, величина потепления на суше оказалось в 2 раза больше, чем в районе океана. В южном полушарии воздух над сушей прогрелся на 35% больше, чем над морской акваторией.

Угроза быстро повышающегося уровня моря вследствие глобального потепления является одной из самых больших, которая будет стоять перед человечеством в недалеком будущем. Подъем уровня моря в прошлом, а именно, в переходный период от ледникового периода до настоящего периода потепления, который произошел около 14 000 лет назад, происходил не равномерно и линейно, а скорее всего, скачкообразно и с высокой долей таяния. Реконструкция показывает изменения на 15 метров всего лишь за 300 лет, что в 15 раз больше изменений, наблюдаемых в наше время [14]. Это доказывает, что в теплом климате уровень моря может очень быстро изменяться. Особенности изменений уровня моря и связанная с этим динамика береговой зоны являются предметом обсуждений при экономическом планировании не только в региональном, но и в глобальном масштабе, становятся темой международных политических форумов и конгрессов, так как это отражается на различных элементах природы и на условиях проживания человека.

Цель работы – анализ изменения уровня Мирового океана под влиянием различных факторов с позиций физической географии – взаимозависимости природы океана и материков, крупномасштабных связей между океаносферой и остальными элементами географической оболочки Земли и оценка современных сложившихся представлений о тенденциях развития процессов в береговой зоне. *Объект исследования* – динамическая система Мирового океана в период современных изменений климата *Предмет исследования* – изменение уровня Мирового океана за весь период наблюдений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с указанной целью исследований рассматривались колебания уровня на станциях, расположенных на побережьях всего Мирового океана, сведения о которых представлены в Интернете (Англия, Ливерпуль – <http://www.psmsl.org/data/obtaining/>; США, Гонолулу, Гавайский университет – http://uhslc.soest.hawaii.edu/thredds/uhslc_fast.html). В процессе работы было проведено осреднение по годам рядов среднегодовых высот уровня 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поверхностные оболочки Земли, в общем, представляет собой систему, процессы в которой взаимосвязаны, поэтому их часто называют «механизмами». Возможные механизмы долгопериодной изменчивости (колебательного характера) в системе океан-атмосфера-криосфера-поверхность суши представлены в таблице 1 [11].

Количество таких «механизмов» чрезвычайно велико и постоянно увеличивается в связи с новыми исследованиями. Нет никаких доказательств того, что это число не является практически бесконечным. Это индивидуальные процессы, обратные связи и взаимодействия, которые порождают изменения в системе в климатических масштабах времени – от примерно одного месяца до десятков, сотен лет и более. Такие механизмы могут быть условно разделены на три группы:

1. Внешние (по отношению к системе) механизмы. Они включают в себя естественные процессы и объекты космического, планетарного и геологического происхождения.

2. Внутренние механизмы, то есть естественные механизмы внутри системы «океаносфера-атмосфера-криосфера-поверхность Земли».

3. Антропогенные процессы и факторы.

Все эти механизмы гипотетичны и их вклад является предметом исследований конкретных авторов, однако не доказывається реальность их влияния на изменения в глобальной системе. Наиболее мощным внутренним механизмом изменений в океаносфере считается Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК), что отмечено в одном из первых мировых авторитетных отчетов по изменениям климата [16]. Связь между процессами в черноморском регионе и явлением Эль-Ниньо показана в работах [4, 5] и, в частности, с аномальными значениями уровня в Черном море [1].

Процессы и силы, вызывающие разнообразные динамические явления в океанах и влияющие на положение его уровенной поверхности, в наиболее общей форме можно объединить в следующие группы [7, 10]:

1) космические; в [7] они носят название космогеофизических; к ним относятся приливообразующие силы Луны и Солнца, свободные и вынужденные колебания полюсов Земли, неравномерные изменения скорости вращения Земли, а также астрономические факторы, связанные с изменением орбитальных параметров Земли, положением ее в Солнечной системе и т. п.

2) гидрократические – связанные с изменением количества воды в бассейне Мирового океана и параметров ее состояния [7, 8]; в [10] они выделяются в группу гидрометеорологических, а обусловленные ими колебания уровня подразделяются на эвстатические (вызванные изменениями водного баланса), анемобарические (вызванные изменениями атмосферного давления) и стериические (вызванные изменениями плотности воды);

3) геократические – обусловленные изменениями емкости океанических впадин вследствие движений дна и континентальных блоков [7]; в [10] это

геолого-геодинамические факторы: землетрясения, извержения вулканов, тектонические движения земной коры, накопление донных осадков, а также водообмен через дно океанов и морей с глубинными водами.

Таблица 1.

**Примеры периодичностей, обнаруженных
в данных наблюдений и в модельных результатах [11]**

Литература	Параметр	Механизм	Период (ы)
[Дымников, Грищун, 1996]	Различные параметры	Бароклинные осцилляции	50 суток
[Takakashi, Zhao, 1997]	Стратосферные параметры	Квазидвухлетние колебания	1,5 года
[Kane, de Paula, 1996]	Мауна Лоа CO ₂	ЭНЮК	2-6, 8, 14 лет
[Yuanetal., 1996]	Различные параметры	Антарктическая циркумполярная волна	4-5 лет
[Currie, 1996]	Параметры циклонов	Лунно-солнечные, солнечные циклы	10, 18 лет
[Takata et al., 1997]	Параметры вечной мерзлоты	Взаимодействия океана и суши	10-15 лет
[Carton, 1997]	Температура океана	Атлантический диполь	10 лет
[Currie, Vines, 1996]	Осадки в Австралии	Лунно-солнечные и солнечные циклы	10, 18 лет
[Бабкин, Селяков, 1995]	Сток Волги	Солнечный цикл	11 лет
[Butler, Johnson, 1996]	Температура воздуха	Солнечный цикл	11 лет
[Jovanovich, 1993]	Влажность воздуха	Солнечная активность	11-12, 19-22 года
[Kane, 1997]	Засухи в Бразилии	ЭНЮК	13, 26 лет
[Mann et al., 1995]	Различные параметры	Автоколебания	15-35, 50-150 лет
[Brayan, Griffies, 1996]	Различные параметры	Термохалинная конвекция	50-60 лет
[Schlesinger, Ramancutty, 1994]	Глобальная температура	Внутренняя изменчивость	65-70 лет
[Dovgalyuk, Klimenko, 1996]	Древесные кольца	ЭНЮК	74, 320 лет
[Berger, Loutre, 1997]	Объем покровного оледенения	Изменения инсоляции	20,40, 100 тыс. лет
[Feng, 1996]	То же	Альбедные обратные связи	20,40, 110 тыс. лет
[Чистяков, 1996]	То же	Изменения инсоляции	20, 100 тыс. лет

Все факторы, которым, по данным различных исследователей, принадлежит основная роль в современных изменениях уровня Мирового океана, относятся к группе гидрократических. Поэтому в целом, что повышение уровня объясняется большинством ученых совместным вкладом термического расширения, талых ледниковых вод и перераспределением вод между сушей и океаном.

Наибольший интерес в последнее время вызывает исследование не только глобального роста уровня моря, а, главным образом, его ускорения (скорости изменения) и это является темой обширных научных дискуссий [15]. Подъем морского уровня подтапливает прибрежные районы и ускоряет береговую абразию. За последние 100 лет более 70% береговых линий песчаных побережий уже отступили вглубь суши. Знание скорости изменения уровня моря, необходимо для оценки береговых изменений и абразионных процессов [13], а также для построения долгосрочных прогнозов.

Береговая зона – одна из важнейших в хозяйственном отношении и во многих случаях она несет многоцелевую антропогенную нагрузку, нередко превышающую ее природный потенциал устойчивости. С другой стороны, именно благодаря этому, наблюдения в береговой зоне за изменением уровня моря, также имеют длительную историю, которая отражает развитие географической науки.

Конец XVII – начало XVIII веков ознаменовались открытием специальных уровнемерных постов, которые стали вести систематические наблюдения за морским уровнем. С 1682 г. ведутся наблюдения в Амстердаме, с 1703 г. – в Кронштадте, с 1774 г. – в Швеции, с 1807 г. – в г. Бресте во Франции и др. Непосредственные наблюдения за уровнем моря с этого периода позволяют судить уже не только о тенденции изменения уровня, но и представить его ход от года к году. Поэтому с 1870 по 1990 гг. повышение уровня моря фиксировалось натурными измерениями. С 1990 г. имеются очень точные спутниковые данные. Межправительственные комиссии по изменению климата констатируют, что рост глобального уровня моря ускорился и в настоящее время составляет около 3 мм в год. По данным климатических моделей этот показатель будет только увеличиваться [18].

В работе Клиге Р. К. с соавторами [9] проанализированы результаты исследований изменений уровня для различных периодов времени до 1970 года включительно, которые обобщены и приведены в таблице 2. Одно из первых крупных исследований, посвященное современному изменению среднегодового уровня Мирового океана, – это работа Б. Гутенберга [19]. Он показал, что для периода 1860-1936 гг. характерно общее повышение уровня океана со средней скоростью около 1,2 мм в год (табл. 2). П. Кюнен для периода 1880-1930 гг. получил величину изменения морского уровня +1,3 мм в год. Исследования Г. Валентина показали, что подъем уровня моря может достигать 1-2 мм в год (1880-1950 гг.). В 1949 г. Х. Мармер, изучая изменения морского уровня в районе побережий США, пришел к выводу, что наблюдающееся

современное повышение уровня моря не является равномерным. С 1893 по 1930 гг. уровень изменялся сравнительно мало. В период с 1914 по 1920 гг. наблюдался заметный подъем уровня поверхности, после которого до 1929 г. наблюдалось его падение. Особенно быстрое повышение уровня наблюдалось с 1930 по 1947 гг., которое составило около 60 мм. Расчеты Л. Диснея показали, что подъем уровня воды на Атлантическом побережье США за период 1910–1953 гг. составил около 3,3 мм в год, а для Тихоокеанского побережья США – приблизительно 1,5 мм в год. А. И. Дуванин (1956) отмечал, что за время наблюдения за уровнем в ряде пунктов (Балтимор, Брест, Марсель) наблюдается медленное его поднятие. Н. В. Буторин (1960) при исследовании вековых изменений средневекового уровня Атлантического океана получил для периода 1890–1946 гг. общее повышение уровня на 6,1 см. Р. Фейрбридж и О. Кребс рассчитали кривую изменения среднегодового уровня океана более чем за 100 лет (1860–1970) и использовали тщательно отобранные данные по уровням моря. Анализ этой кривой показал, что самая низкая точка уровня моря была примерно в 1890 г. Средний подъем уровня в период 1900–1950 гг. составлял 1,2 мм в год. В период 1946–1956 гг. наблюдался самый быстрый подъем уровня со скоростью 5,5 мм в год.

Таблица 2 предложенная Клите Р. К. в 1978 [9], продолжена нами до настоящего времени. На общем фоне подъема уровня океана, изменения уровня, проанализированные Шеннаном и Вудвортом (1992) [23], для Великобритании и региона Северного моря показали его падение $1,1 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ с 1840 по 1930 г., аналогичный показатель – падение $\sim 1,0 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, был получен Морнером в 1995 г. [20]. Последовавший затем рост уровня океана ($1,1 \text{ мм} / \text{год}$) в прошлом веке, Морнер связал с замедлением скорости вращения Земли и получил их согласованность. В работе [22] рассчитана скорость изменения уровня по одному из самых длинных рядов наблюдений на станции Ливерпуль, которая функционирует с 1768 г. Скорость повышения уровня по этой станции за период с 1880 г. составила $0,39 \pm 0,17 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, а в XX столетии – $1,22 \pm 0,25 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$.

Наши оценки роста уровня по данным за период с 1880 по 2010 гг. показывают незначительные различия между океанами: тренд в Атлантическом океане составил $1,85 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, в Тихом и Индийском океанах меньше – соответственно $1,71$ и $1,79 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$, а в целом по Мировому океану – $1,76 \text{ мм} \cdot \text{год}^{-1}$ [2]. Благодаря проведенному осреднению данных среднегодовых высот уровня всех станций по бассейнам океанов, удалось получить обобщенные кривые межгодового хода уровня за весь рассматриваемый период времени (с 1880 по 2010 гг.) для каждого из океанов (рис.1). Изменчивость уровня Мирового океана была получена путем осреднения данных уровня с учетом площадей отдельных океанов (весовым способом): по Тихому океану – с весом 0,52, по Атлантическому – 0,27, по Индийскому – 0,21, в соответствии с работой [6]. В обобщенную (суммарную) кривую не вошли данные по Северному Ледовитому океану из-за их малой надежности и незначительности его удельного веса (0,04).

Таблиця 2.

Повышение уровня Мирового океана по данным разных авторов

Период	Изменение уровня океана, мм·год ⁻¹	Автор
1802–1937	1,10	Gutenberg (1941)
1880–1930	1,30	Keunen (1950)
1880–1950	1,0-2,0	Valentin (1952)
1885–1951	1,30	Cailleux (1952)
1890–1950	1,14	Dietrich (1954)
1900–1950	1,15	Lisitrin (1958)
1900–1950	1,22	Н. В. Буторин (1960)
1890–1960	1,20	Fairbridge & Krebs (1962)
1866–1956	1,30	А. В. Шнитников (1969)
1930–1970	2,60	Meade & Emery (1971)
1807–1968	0,86	Г. П. Калинин, Р. К. Клиге (1972)
1919–1964	1,74	Г. П. Калинин, Р. К. Клиге (1972)
1901-2000	1,22	Roemmich & Wunsch (1984)
1892–1991	1,0	Shennan & Woodworth (1992)
1910–1990	0,9	Mörner (2004)
1870–2004	1,44	Church & White (2006)
1900–1999	1,7	Holgate & Woodworth (2004)
1993–2003	2,8	Cazenave & Nerem (2004)
1893–2011 1913–1956	1,5 2,5	Climate Change, 2007
1880–2010	1,76	Андрианова и др. (2012)

Обобщенные кривые временной изменчивости среднегодовых высот уровня океанов отражают в целом согласованный волновой характер их временного хода с чередованием этапов слабого и сильного поднятия (рис.1).

Исключением явился лишь ход уровня океанов в течение 20-30 лет с начала периода наблюдений (с 1880 по 1902-1910 гг.), когда в Тихом и Индийском океанах в течение этого времени отмечался отрицательный тренд ($\sim 1 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$), в то время как в Атлантическом он был слабым положительным ($0,3 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$).

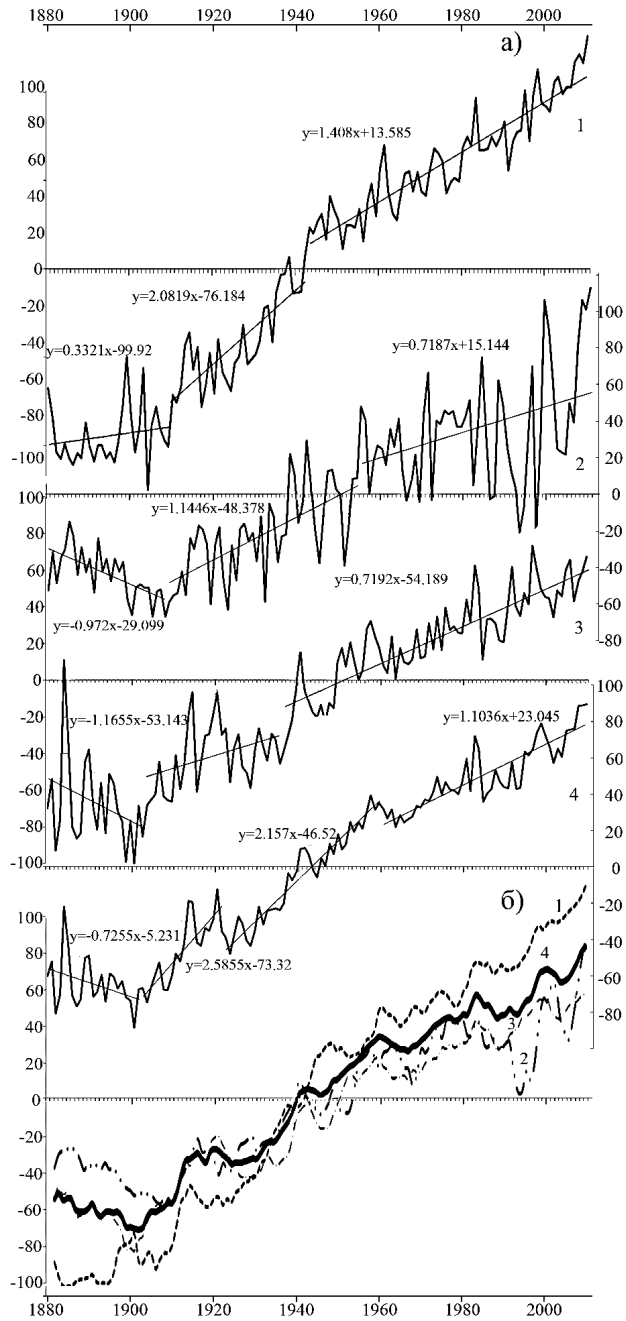


Рис.1. Обобщенные кривые временной изменчивости среднегодовых высот уровня океанов (а) и сглаженных 5-ти-летним скользящим осреднением (б) за 1880-2010 гг. (1-Атлантический, 2-Тихий, 3-Индийский, 4-Мировой океаны).

При этом уровень Тихого и Индийского океанов за это время опустился на одинаковую величину, равную 27 мм, а уровень Атлантического – повысился всего на 10 мм (рис.1). С начала первого десятилетия прошлого столетия (1902-1910 гг.) по конец периода наблюдений (2010 г.) уровень рассматриваемых океанов и Мирового океана в целом непрерывно волнообразно повышался на фоне этапов слабого и интенсивного поднятия. При этом, если в каждом из океанов отмечалось по два этапа роста уровня после этапа опускания в течение первых 30 лет (1880–1902–1910 гг.), то в Мировом океане можно выделить три этапа его возрастания (рис.1): первый – наиболее интенсивный (1902-1921 гг.) на 49 мм за 19 лет – тренд – $2,59 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$), второй – чуть менее интенсивный (1922-1961 гг.: в течение этого периода уровень повысился на 82 мм за 38 лет, – тренд $2,16 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$); и третий – средний рост (1961-2010 гг. за 49 лет уровень повысился на 54 мм; тренд примерно $1,1 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$).

Следует отметить, что на кривых временного хода уровня всех океанов отмечаются регулярные резкие скачкообразные всплески – максимумы высот, повторяющихся примерно с 10-летней дискретностью (рис.1). Эти годы хорошо согласуются по времени с годами, известными в литературных источниках как годы Эль-Ниньо, определенные по температуре поверхности океана (ТПО) [12], а также вычисленными нами ранее годами максимальных высот уровня в районе зарождения этого явления [3].

По климатическим прогнозам на основе моделирования и исходящим из среднего изменения глобального уровня моря в 20 веке равного в среднем 17 см [16-18] ожидают в 21-ом веке гораздо больший рост этого показателя.

В то же время накапливающиеся научные исследования все больше убеждают многих ученых в том, что в настоящее время не существует достаточно убедительных доказательств определяющего воздействия деятельности человека на глобальное потепление климата. Об этом свидетельствует первая волна потепления 1930-1940-х годов, происходящая на сравнительно низком уровне парниковых газов в атмосфере, а последующее похолодание 1950-1960-х годов не увязывается с постоянным нарастанием количества газовых выбросов в атмосфере.

Поэтому, ситуация с изменением уровня океана и его прогнозами не однозначна. Используя с 1992 года спутниковые измерения уровня моря (TOPEX/POSEIDON), главный их хранитель профессор Морнер считает [21], что эти исходные данные вообще не показали повышение уровня Мирового океана в 2002-2008 гг. Этот факт может успокоить миллионы береговых жителей во всем мире. Падение уровня по данным наблюдений на отдельных участках побережья Мирового океана в начале 21 века согласуется с нашими расчетами, и подтверждается другими авторами.

ВЫВОДЫ

Изложенное в этой работе позволяет сделать ряд выводов.

1. Основная роль в современных изменениях уровня Мирового принадлежит, по данным различных исследователей, факторам, которые относятся к группе гидрократических. Результаты исследований долговременных изменений уровня по данным разных авторов показали, что наблюдающееся современное повышение уровня моря не является равномерным.

2. Наша оценка временной изменчивости колебаний уровня Атлантического, Тихого и Индийского океанов, а также Мирового океана в целом на протяжении с 1880 по 2010 гг. показала их согласованный волновой характер между собой и с ранее проведенными исследованиями. Отмечается присутствие тенденции неравномерного роста уровня океанов с чередующимися этапами слабого и интенсивного повышения его.

3. Рост уровня показал незначительные различия между океанами: тренд в Атлантическом океане составил $1,85 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$, в Тихом и Индийском океанах меньше – соответственно $1,71$ и $1,79 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$, а в целом по Мировому океану – $1,76 \text{ мм}\cdot\text{год}^{-1}$.

4. Появляющиеся примерно с квазидесятилетней цикличностью, максимумы поднятия уровня в рядах обобщенных среднегодовых высот океанов, обязаны своим происхождением своеобразному проявлению явления Эль–Ниньо в Тихом океане.

5. Несмотря на крупномасштабные изменения природной среды, ситуация с изменением уровня океана и его прогнозами не однозначна и необходимость постоянного мониторинга береговых процессов в настоящее время становится все более очевидной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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. – Вип. 2(18). – С.54-60. – Библиогр.: с. 59.
2. Андрианова О. Р., Батырев А. А., Белевич Р. 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. – Вип. 26. – С. 123-133. – Библиогр.: с. 132-133.
3. Андрианова О. Р., Белевич Р. Р., Скипа М. И. Экстремумы в среднегодовых характеристиках Черного моря, как следствие дальних проявлений Эль-Ниньо [Текст] / О. Р. Андрианова, Р. Р. Белевич, М. И. Скипа // Сб. научн. трудов. – Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь. – 2005. – Вип.13. – С. 364-374. – Библиогр.: с. 374.
4. Воскресенская Е. Н., Коваленко О. Ю. Параметры антициклонов в Черноморско-Средиземноморском регионе и их климатические изменения [Текст] / Е. Н. Воскресенская, О. Ю. Коваленко // Сб. научн. тр. – Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь. – 2013. – Вип.27. – С.195-199. – Библиогр.: с. 199.
5. Воскресенская Е. Н., Михайлова Н. В. Классификация событий Эль-Ниньо и погодно-климатические аномалии в Черноморском регионе [Текст] / Е. Н. Воскресенская, Н. В. Михайлова. // Доповіді НАН України. – 2010. – № 3. – С. 124-130. – Библиогр.: с. 130.

6. Калинин Г. П., Бреслав Е. И., Клиге Р. К. 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.
7. Каплин П. А., Селиванов А. О. Изменения уровня морей России и развитие берегов: прошлое, настоящее, будущее [Текст] / П. А. Каплин, А. О. Селиванов; МГУ им. М. В. Ломоносова, географический факультет. – Москва: ГЕОС, 1999. – 298 с.: ил. – Библиогр.: с. 272-292. – 500 экз. – ISBN 5-89118-113-4.
8. Клиге Р. К. Изменения глобального водообмена [Текст] / Р. К. Клиге; Отв. ред. М. И. Львович, И. Д. Цигельная. – Москва: Наука, 1985. – 247 с.: ил. – Библиогр.: с. 234-245. – 1000 экз.
9. Клиге Р. К., Леонтьев О. К., Лукьянова С. А., Никифоров Л. Г., Шлейников В. А. Уровень, берега и дно океанов [Текст] / Р. К. Клиге, О. К. Леонтьев, С. А. Лукьянова, Л. Г. Никифоров, В. А. Шлейников; Отв. ред. Н. В. Сомов и др.; АН СССР, Ин-т вод. пробл. – Москва: Наука, 1978. – 191 с.: ил. 69. – Библиогр.: с. 186-190. – 1100 экз.
10. Малинин В. Н. О современных изменениях климата и уровня Мирового океана [Текст] / В. Н. Малинин // Вопросы промысловой океанологии. Вып.3. – Москва, – 2006, 145–159. – Библиогр.: с. 159.
11. 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.
12. Федоров К. Н. Этот капризный младенец – Эль-Ниньо [Текст] / К. Н. Федоров // Природа. –1984. –№ 8. – С. 65-73. Библиогр.: нет.
13. Шуйський Ю. Д. Типи берегів Світового океану [Текст] / Ю. Д. Шуйський; Одеський національний ун-т ім. І.І.Мечникова – Одеса: Астропринт, 2000. – 480 с.: ил. – Библиогр.: с. 445-456. – 400 экз.
14. Blanchon P., Eisenhauer A., Fietzke J., Liebetrau V. Rapid sea-level rise and reef back-stepping at the close of the last interglacial highstand [Текст] / P. Blanchon, A. Eisenhauer, J. Fietzke, V. Liebetrau // Nature. – 2009. – 458: p. 881-885. – Библиогр.: 884-885. Doi: 10.1038/nature07933.
15. Church J. A., White N. J. A 20th century acceleration in global sea-level rise [Текст] / J. A. Church, N. J. White // Geophys. Res. Lett. – 2006. – 33: p. 1-4. L01602. – Библиогр.: 3-4. Doi:10.1029/2005GL024826.
16. 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.
17. Climate Change 2001: IPCC Third Assessment Report: Working Group I: The Scientific Basis. [Текст] / Cambridge University Press, – Cambridge. – 2001. – 98 p. – Библиогр.: нет.
18. 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.
19. Gutenberg B. Changes in sea level, postglacial uplift and mobility of the Earth's interior. [Текст] / B. Gutenberg // Bulletin of the Geological Society of America – 1941. – 52: pp. 721-772. – Библиогр.: с. 772.
20. Mörner N.-A. Sea level variability. [Текст] / N. A. Mörner // Z. Geomorphology NS. – 1996. – 102: pp. 223-232. – Библиогр.: с. 232.
21. Mörner N.-A. Sea level is not rising. [Текст] / N. A. Mörner // Science and Public Policy Institute Reprint Series. Centre for Democracy and Independence. – 2012. – 26 p. Библиогр.: с. 24-25.
22. Roemmich D., Wunsch C. Apparent changes in the climatic state of the deep North Atlantic Ocean. [Текст] / D. Roemmich, C. Wunsch // Nature. – 1984. – 307: – pp.447-450. – Библиогр.: с.450. Doi:10.1038/307447a0.
23. Shennan I., Woodworth P. L. A comparison of late Holocene and twentieth-century sea-level trends from the UK and North Sea region. [Текст] / I. Shennan, P. L. Woodworth // Geophys. J. Int. – 1992. – 109: – pp.96-105. – Библиогр.: с.105.

REFERENCES

1. Andrianova, O.R. (2013), «Maximums in the interannual course of the World ocean's level and the Black Sea characteristics and their connection with El Niño» [«Maksimumy v mezhgodovom khode urovnya Mirovogo okeana i kharakteristik Chernogo morya i ikh svyaz s El – Nino»], *Bulletin of the Odessa National University, Geographic and Geologic science*, V. 18, N 2, pp.54–60.
2. Andrianova, O.R., Batyrev, A.A., Belevich, R.R. (2012), «The trends of interannual fluctuations World Ocean level during the last century», [«Tendentsii mezhgodovykh kolebaniy urovnya Mirovogo okeana v techeniye poslednego stoletiya»], *Sb. nauchn. trudov: Ekologicheskaya bezopasnost pribrezhnoy i shelfvoy zon i kompleksnoye ispolzovaniye resursov shelfa, Sevastopol*, V. 1, N 26, pp. 123–133.
3. Andrianova, O.R., Belevich, R.R., Skipa, M.I. (2005), «The extremes in the annual average characteristics of the Black Sea as a result of distant El Niño events», [«Ekstremumy v srednegodovykh kharakteristikakh Chernogo

- morya, kak sledstviye dálnikh proyavleniy El-Nino», *Sb. nauchn. trudov: Ekologicheskaya bezopasnost pribrezhnoy i shelfovoy zon i kompleksnoye ispolzovaniye resursov shelfa*, Sevastopol, N 13, pp. 364–374.
4. Voskresenskaya, Ye.N., Kovalenko, O. Yu. (2013), «The parameters of anticyclones in the Black Sea-Mediterranean region and its climate change», [«Parametry antitsiklonov v Chernomorsko-Sredizemnomorskom regione i ikh klimaticheskiye izmeneniya»], *Sb. nauchn. trudov: Ekologicheskaya bezopasnost pribrezhnoy i shelfovoy zon i kompleksnoye ispolzovaniye resursov shelfa*, Sevastopol, N 27, pp. 195-199.
 5. Voskresenskaya, Ye.N., Mikhaylova, N.V. (2010), «The classification of El Nino events and the weather and climate anomalies in the Black Sea region», [«Klassifikatsiya sobytiy El-Nino i pogodno-klimaticheskiye anomalii v Chernomorskom regione»], *Dopovidi of NAN Ukraïni*, N 3, pp. 124–130.
 6. Kalinin, G.P., Breslav, Ye.I., Klige, R.K. (1975), *Some features of modern changes in sea level [Nekotoryye osobennosti sovremennykh izmeneniy urovnya okeana]*, Kolebaniya urovnya Mirovogo okeana i voprosy morskoy geomorfologii, Moscow, Nauka, pp.3–12.
 7. Kaplin, P.A., Selivanov, A.O. (1999), *Sea-Level changes and coasts of Russia: past, present, future [Izmeneniya urovnya morey Rossii i razvitiye beregov: roshloye, astoyashcheye, budushcheye]*, MSU Lomonosov name, geographic, Moscow, GEOS, 298 p.
 8. Klige, R.K. (1985), *Variations of global water exchange [Izmeneniya globalnogo vodoobmena]*, Moscow, Nauka, 247 p.
 9. Klige, R.K. , Leont'yev, O.K. , Luk'yanova, S.A. , Nikiforov, L.G., Shleynikov, V.A. (1978), *The level, the shores and the ocean floor; [Uroven, berega i dno okeanov]*, Moscow, Nauka, 191 p.
 10. Malinin, V.N. (2006), «On modern climate and World Ocean level changes», [«O sovremennykh izmeneniyakh klimata i urovnya Mirovogo okeana»], *Voprosy promyslovoy okeanologii*, Moscow, N 3, pp.145-159.
 11. *The current global environmental changes* (2006), [Sovremennyye globalnyye izmeneniya prirodnoy sredy], Moscow, Nauchnyy mir, Vol.1, 696 p.
 12. Fedorov, K.N. (1984), «This capricious infant-El Niño phenomenon», [«Etot kapriznyy mladenets – El – Nino»], *Priroda*, N 8, pp. 65–73.
 13. Shuyskiy, Yu.D. (2000), «Types of the shores the World Ocean», [Typy berehiv Svitovoho okeanu], ONU Mechnikov name, Odesa, Astroprint, 480 p.
 14. Blanchon, P., Eisenhauer, A., Fietzke, J., Liebetrau, V. (2009), *Rapid sea-level rise and reef back-stepping at the close of the last interglacial highstand*, *Nature*, V. 458, pp. 881-884.
 15. Church, J.A., White, N.J. (2006), *A 20th century acceleration in global sea-level rise*, *Geophys. Res. Lett.*, V. 33, L01602.
 16. Climate Change (1996), *IPCC Second Assessment Report: Working Group I: The Science of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 571 p.
 17. Climate Change (2001), *IPCC Third Assessment Report: Working Group I: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, Cambridge, 98 p.
 18. Climate Change (2007), *IPCC Fourth Assessment Report: Working Group I Report «The Physical Science Basis»*, Cambridge University Press, Cambridge, 52 p.
 19. Gutenberg, B. (1941), *Changes in sea level, postglacial uplift and mobility of the Earth's interior*, *Bulletin of the Geological Society of America*, V. 52: pp. 721-772.
 20. Mörner, N.-A. (1996), *Sea level variability*, *Z. Geomorphology NS*, V. 102, pp. 223-232.
 21. Mörner, N.-A. (2012), *Sea level is not rising*, *Science and Public Police Institute Reprint Series. Centre for Democracy and Independence*, 26 p.
 22. Roemmich, D., Wunsch, C. (1984), *Apparent changes in the climatic state of the deep North Atlantic Ocean*, *Nature*, N 307, pp. 447-450.
 23. Shennan, I., Woodworth, P. L. (1992), *A comparison of late Holocene and twentieth-century sea-level trends from the UK and North Sea region*, *Geophys. J. Int.*, N 109, pp.96-105.

Поступила 25.06.2014

О. Р. Андріанова, канд. геогр. наук, ст.н.с.
Відділення гідроакустики Інституту геофізики ім. С.І.Суботина
Національної академії наук України
вул. Преображенська, 3, Одеса, 65082, Україна
olga_andr@mail.ru

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Резюме

Виконано аналіз факторів, що визначають зміни рівня Світового океану. Коливання рівня океанів за даними різних авторів зіставлене із нашими оцінками за період з 1880 по 2010 рр.: тренд в Атлантичному океані склав $1,85 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$, в Тихому та Індійському океанах менш – відповідно $1,71$ і $1,79 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$, а в цілому по Світовому океану – $1,76 \text{ мм} \cdot \text{рік}^{-1}$. Показано узгоджений хвильовий характер загального зростання рівня океанів з етапами слабкого та інтенсивного його підвищення та узгодженість максимумів міжрічної мінливості середньорічних значень з явищем Ель-Ніньо.

Ключові слова: рівень моря, тренд, міжрічні коливання, Атлантичний, Тихий, Індійський, Світовий океан.

O. R. Andrianova
Hydroacoustic Branch of Institute of Geophysics
of National Academy of Science of Ukraine
Preobragenskaya St., 3, Odesa, 65082, Ukraine
olga_andr@mail.ru

ACTUALS PROBLEMS OF THE RESEARCH OF WORLD OCEAN LEVEL

Abstract

The features of the sea level changes and the related dynamics of the coastal zone are the subject of the discussions in the economic planning as in the regionally as in globally scale. The work's purpose is analysis of changes of World Ocean level under the influence of different factors from the viewpoint of physical geography – the interdependence of nature of the ocean and continents, large-scale connections between oceanosphaera and other elements of the Earth's environment and evaluation of the modern established knowledge about the tendencies of the development of processes in the coastal zone. The object of research is the dynamical system of the World Ocean in the period of current climate's changes. The subject of research is the changes of the World Ocean level for whole observation period. During the work the averaging by data series of annual level heights for 172 stations separately for the Atlantic (37 stations along the west coast and 31 – along the east), Pacific (35 and 36) and Indian (33 stations) oceans has been done. The results of researches of long-term changes of level according to different authors have shown that the observed modern sea level rise is not uniform. Our evaluation of temporal variability of the fluctuations in the level of Atlantic, Pacific and Indian oceans, and the whole World Ocean during 1880 – 2010 years period has shown their coordinated behavior. It is noted that the trend of ocean levels grows uneven with alternating stages of the weak and intense increases it. There is a slight difference in levels'

increasing in different oceans: the trend in the Atlantic Ocean was $1.85 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$, in the Pacific and Indian oceans smaller – respectively 1.71 and $1.79 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$ and in general for the World Ocean – $1.76 \text{ mm}\cdot\text{yr}^{-1}$. The maxima of level rising in the generalized series of average annual heights of oceans (which displayed with approximately quasi decade cycles) are due to the peculiar display of the El Niño phenomenon in the Pacific Ocean. The satellite measurements of sea level have not shown increasing of the World Ocean level in 2002-2008. The falling of level on observation data in separate coastal areas of the World Ocean in the early 21st century is consistent with our estimates. The situation with the ocean level and its prognosis is not unambiguous so constant monitoring of the coastal processes is needed.

Keywords: sea level, trend, interannual fluctuations, the Atlantic, Pacific, Indian, World Ocean.