

УДК 911

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.36787

ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТЕМПЕРАТУР ОКЕАНИЧЕСКИХ РАЙОНОВ И ВАРИАЦИИ СТРУКТУРЫ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

©А. В. Холопцев

Выявлены расположения районов Атлантического, Тихого и Индийского океана, в которых изменения среднегодовых значений их поверхностных температур значимо и устойчиво статистически связаны с вариациями повторяемости в северном полушарии Земли структур атмосферной циркуляции, которые, согласно их классификации, предложенной Б. Л. Дзердиевским, относятся к группам меридиональной северной, а также меридиональной южной

Ключевые слова: меридиональная атмосферная циркуляция, поверхностная температура, расположение океанического района, статистическая связь

The work identifies the location of the regions of the Atlantic, Pacific and Indian Ocean, in which the changes of the average annual values of their surface temperatures are significantly and consistently statistically related with the frequency of occurrence variations of the atmospheric circulation structures in the northern hemisphere of the Earth, which, according to their classification proposed by B. L. Dzerdievsky, refer to the groups of the north meridional and the south meridional

Keywords: meridional atmospheric circulation, surface temperature, location of the oceanic region, statistical relationship

1. Введение

Изменения структуры атмосферной циркуляции существенно влияют на изменения температуры воздуха, атмосферных осадков и облачности во многих регионах нашей планеты. Поэтому выявление причин подобных явлений, значимо влияющих на условия жизни населения, особенности развития экономики и ландшафтных комплексов таких регионов, является актуальной проблемой физической географии, климатологии и геофизики ландшафтов.

2. Литературный обзор

Основой современных представлений о типизации структур атмосферной циркуляции, являются работы Г. Я. Вангейма [1], А. А. Гирса [2] и Б. Л. Дзердиевского [3]. В них показано, что наиболее интенсивная термическая трансформация воздушных масс возникает в периоды преобладания структур атмосферной циркуляции меридионального типа. Для северного полушария Б. Л. Дзердиевский предложил относить подобные структуры атмосферной циркуляции к таким группам, как меридиональная южная и меридиональная северная (далее МЮ и МС) [3, 4].

В группу МЮ входят виды атмосферной циркуляции, при которых над северным полюсом нашей планеты расположена область пониженного давления, происходит три-четыре выхода южных циклонов, но блокирующие процессы отсутствуют. В периоды преобладания таких видов атмосферной циркуляции теплые и влажные воздушные массы из

низких широт активно проникают в высокие, что приводит к их термической трансформации и усилению облачности. При этом уменьшаются средние потоки суммарной солнечной радиации, поступающие на земную поверхность, но возрастают поглощаемые ею потоки теплового излучения атмосферы. В летние месяцы подобные процессы вызывают ее похолодание, а в зимние – потепление. На протяжении всего года увеличивается средняя интенсивность выпадающих в полушарии атмосферных осадков.

Структуры атмосферной циркуляции, относящиеся к рассматриваемой группе, преобладали в северном полушарии в период с 1957 по 2001 г., что привело к существенному повышению во многих его регионах среднегодовых температур, а также средних температур зимнего сезона [5].

К группе МС относятся структуры атмосферной циркуляции в северном полушарии, при которых над полюсом располагается антициклон и наблюдается два-четыре выхода южных циклонов, а также два-четыре блокирующих процесса. При таких структурах атмосферной циркуляции движения воздушных масс происходят не только в зональном и северном, но и в южном направлении.

Результатом термической трансформации воздушных масс, которые смещаются к югу, является повышение их средней температуры и ослабление облачности. Летом это вызывает потепление подстилающей поверхности, а зимой ее похолодание. Средняя интенсивность атмосферных осадков снижается.

Рассматриваемый тип атмосферной циркуляции в северном полушарии преобладал в 1899–1915 г. Доминирует он и в XXI веке, в то время как повторяемость типов циркуляции, относящихся к группе МЮ, уменьшается. Это уже привело к увеличению повторяемости в северном полушарии блокирующих процессов и практически прекратило потепление его климата [6], несмотря на продолжающееся увеличение средних концентраций в атмосфере парниковых газов.

Изучению закономерностей, вызывающих изменения структуры атмосферной циркуляции, посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов, результаты которых наиболее полно отображены и обобщены в работах [7–9]. Из них следует, что наиболее мощным фактором, способным вызывать изменения повторяемости различных типов атмосферной циркуляции, является взаимодействие атмосферы и Мирового океана [7].

Мировой океан воздействует на атмосферу потоками тепла и водяного пара, которые образуются на различных участках его поверхности и участвуют в формировании полей температуры воздуха и атмосферного давления [10]. Потоки тепла и водяного пара, поступающие в атмосферу с того или иного участка водной поверхности в основном определяются значением его поверхностной температуры (далее ТПО).

Так как изменения полей температуры воздуха и атмосферного давления, происходящие под влиянием поступающего в атмосферу тепла и водяного пара, существенно зависят от расположения и характеристик их источников, представляется очевидным, что значимости влияния на структуру общей циркуляции атмосферы вариаций ТПО разных участков поверхности Мирового океана, могут быть различными. При этом наверняка существуют такие его акватории, вариации ТПО которых влияют на изменения повторяемости МЮ и МС атмосферной циркуляции наиболее существенно.

Поскольку наибольшие потоки тепла и водяного пара поступают в атмосферу с поверхностей акваторий, расположенных вне Арктики и Антарктики, главную роль в подобных изменениях могут оказывать вариации ТПО акваторий Атлантического, Тихого и Индийского океанов.

Выявление расположений таких районов позволило бы установить конкретные физические процессы в данных океанах, вызывающие изменения структуры общей циркуляции земной атмосферы, а также учесть такие процессы при совершенствовании методик их прогнозирования.

Учитывая это, выявление районов Атлантического, Тихого и Индийского океанов, где изменения ТПО наиболее существенно влияют на изменения повторяемости в северном полушарии Земли типов атмосферной циркуляции, которые относятся к группам МЮ и МС, представляет значительный теоретический и практический интерес.

Ныне мониторинг вариаций ТПО многих акваторий Мирового океана осуществляется различными океанографическими организациями мира, а

его результаты, в виде временных рядов аномалий среднемесячных значений, представлены в интернете. В частности, подобные временные ряды, многие из которых в период с 1926 по 2013 г. не содержат пропусков, для всех месяцев представлены в [11, 12].

Количественной мерой повторяемости периодов преобладания структур атмосферной циркуляции, относящихся к какой-либо из этих групп, является суммарная продолжительность таких периодов на протяжении года.

Временные ряды значений суммарной продолжительности в том или ином году периодов преобладания в северном полушарии структур атмосферной циркуляции, относящихся к группам МЮ и МС, для периода 1899–2011 гг. содержатся в [13].

Несмотря на это, районы Атлантического, Тихого и Индийского океанов, где вариации их ТПО значимо статистически связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии рассматриваемых типов атмосферной циркуляции, до сих пор не выявлены. Это не позволяет адекватно учитывать результаты мониторинга вариаций ТПО подобных океанических районов при моделировании изучаемого процесса, а значит и обусловленных им изменений метеоусловий во многих регионах нашей планеты.

Учитывая изложенное, объектом исследования в данной работе являются расположения акваторий Атлантического, Тихого и Индийского океанов, в которых изменения их ТПО значимо влияют на вариации повторяемости в северном полушарии нашей планеты различных типов структур атмосферной циркуляции.

В качестве предмета исследования в ней выбраны расположения районов указанных океанов, где изменения среднегодовых значений их ТПО существенно влияют на вариации суммарной продолжительности периодов преобладания в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группам МС и МЮ. Так как выявление подобных районов представляет наибольший интерес для решения задач прогнозирования подобных вариаций, влияние на них рассматриваемых факторов здесь и далее понимается как существенное, если в период 1961–2011 гг. оно являлось статистически значимым, а указанная особенность обладает устойчивостью к временным сдвигам.

Поэтому целью работы является выявление районов упомянутых океанов, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО, существенно связаны с изменениями суммарной продолжительности периодов преобладания в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группам МС и МЮ.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

– изучение особенностей изменчивости с течением времени расположений районов Атлантического, Тихого и Индийского океанов, для которых вариации их ТПО значимо статистически

связаны с изменениями суммарной продолжительности периодов преобладания в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группам МС и МЮ;

– для выявленных районов оценка устойчивости к временным сдвигам статистических связей вариаций их ТПО и изменений суммарной продолжительности периодов преобладания в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группам МС и МЮ.

3. Методика исследования и фактический материал

При решении первой задачи, для различных периодов времени продолжительностью 50 лет, выявлены районы Атлантического, Тихого и Индийского океанов, для которых вариации их ТПО значимо статистически связаны с совпадающими по времени изменениями суммарной продолжительности периодов преобладания в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группам МС и МЮ. Расположения выявленных районов, соответствующих некоторому периоду сопоставлено с их расположениями на отрезке времени 1961–2010 г.

При этом как мера статистической связи между рассматриваемыми процессами использовано значение коэффициента их парной корреляции – r . Для выявления районов Атлантического, Тихого и Индийского океанов, для которых связи вариаций их ТПО с изменениями суммарной продолжительности периодов преобладания в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группам МС и МЮ, были значимыми, применен критерий Стьюдента [14].

Связь рассматриваемых временных рядов рассматривалась как значимая, если значение коэффициента их парной корреляции превышает уровень 95 % порога достоверной корреляции, оцененного по этому критерию, с учетом числа их степеней свободы, которое определено по стандартной методике.

Как граница выявляемых районов рассматривалась изолиния значений коэффициента корреляции вариаций ТПО, а также изучаемых процессов с параметром, равным уровню указанного порога. Положение данной границы отображалось на контурной карте соответствующего океана с помощью метода триангуляции Делоне [15].

При решении второй задачи, как мера устойчивости некой статистической связи рассматривался параметр:

$$\beta = \mu / \sigma,$$

где μ – выборочное среднее, а σ – выборочное среднеквадратическое отклонение значений коэффициента парной корреляции всех пар фрагментов временных рядов изучаемых процессов и их факторов, которые имеют длину 50 лет, но различаются годом своего начала.

При вычислении значения β , которое соответствует некоторому выявленному океаническому району, использованы фрагменты временного ряда среднегодовых значений его ТПО, начинающиеся с 1945 по 1961 г. (всего 17 фрагментов).

Для типов атмосферной циркуляции, которые относятся к каждой изучаемой их группе, выявлены 20 районов, которые расположены в Атлантическом, Тихом или Индийском океанах, где связи вариаций среднегодовых значений их ТПО с изменениями повторяемости рассматриваемых типов атмосферной циркуляции являются наиболее устойчивыми и статистически значимыми в период 1961–2010 гг.

Как фактический материал об изменениях среднегодовых значений ТПО различных районов Атлантического, Тихого и Индийского океана, использованы временные ряды результатов реанализа аномалий упомянутых характеристик, которые представлены в [11]. Данные, по которым построены эти ряды, отражают среднегодовые значения аномалий средних ТПО океанического района, который ограничен квадратом координатной сетки размерами $5^\circ \times 5^\circ$.

Как фактический материал о вариациях суммарной продолжительности периодов преобладания в северном полушарии структур атмосферной циркуляции, которые относятся к группам МЮ или МС (выявленных по методике Б. Л. Дзердиевского [3, 4]), использованы временные ряды этих процессов за 1899–2011 г., представленные в [13].

4. Результаты исследования и их анализ

В соответствии с описанной методикой, для различных периодов времени продолжительностью 50 лет, выявлены районы Атлантического, Тихого и Индийского океана, где вариации среднегодовых значений их ТПО статистически значимо связаны с совпадающими по времени изменениями повторяемости изучаемых процессов. Границы этих районов отображены на контурных картах упомянутых океанов изолиниями, которые соответствуют уровню $+0.28$ – среднему значению коэффициента корреляции рассматриваемых процессов, равному 95 % порогу их достоверной корреляции по критерию Стьюдента.

Установлено, что районы, где вариации их ТПО значимо связаны с изменениями повторяемости структур атмосферной циркуляции, которые относятся к группе МС, практически полностью расположены в акватории северной части Атлантического океана. Расположения части упомянутых районов, которые расположены зонально, южнее Гренландии и Исландии, соответствующие периодам, начинающимся в 1955 и 1961 гг., практически не различаются. Оставшаяся часть этих районов, расположенная в тропической зоне, на отрезках времени, которые начинаются с 1945 по 1950 гг. ощутимого воздействия на рассматриваемый процесс не оказывала, а в последующий период становилась все более влиятельной.

Расположение границ упомянутых районов, соответствующее периоду 1961–2010 гг., показано на рис. 1.

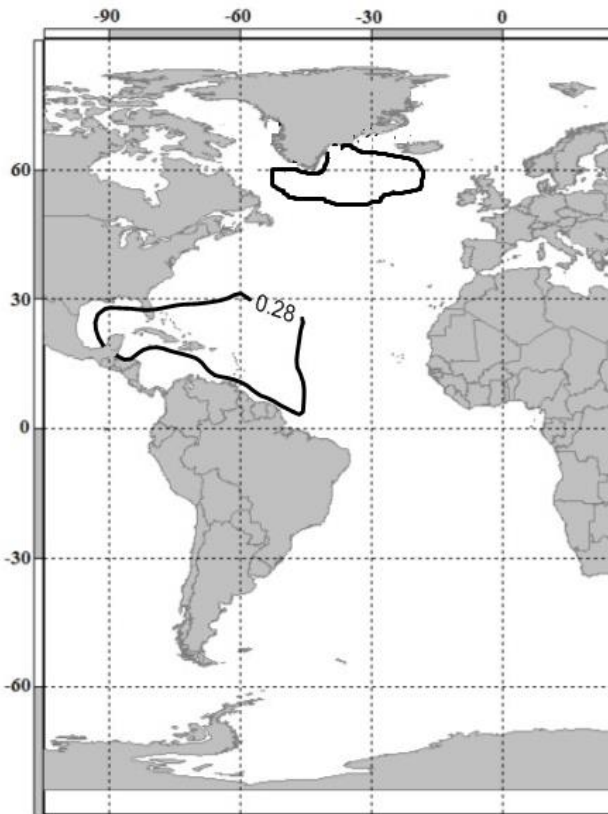
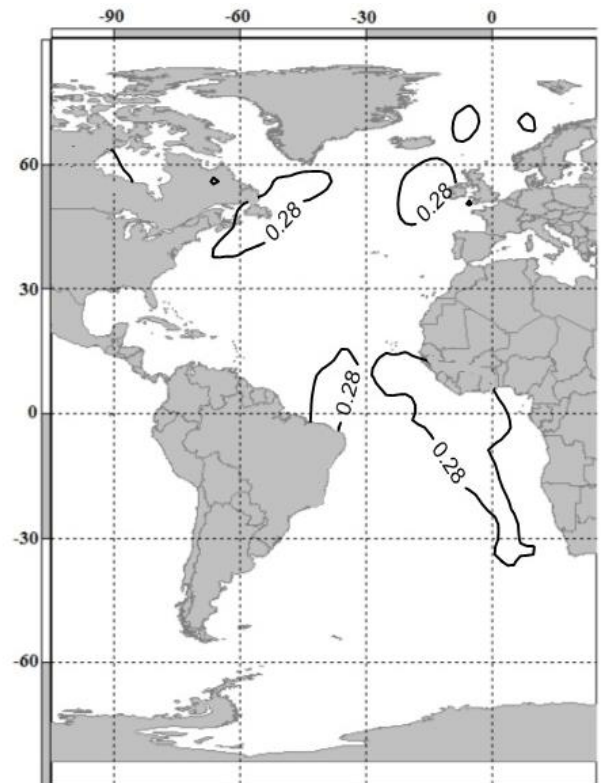


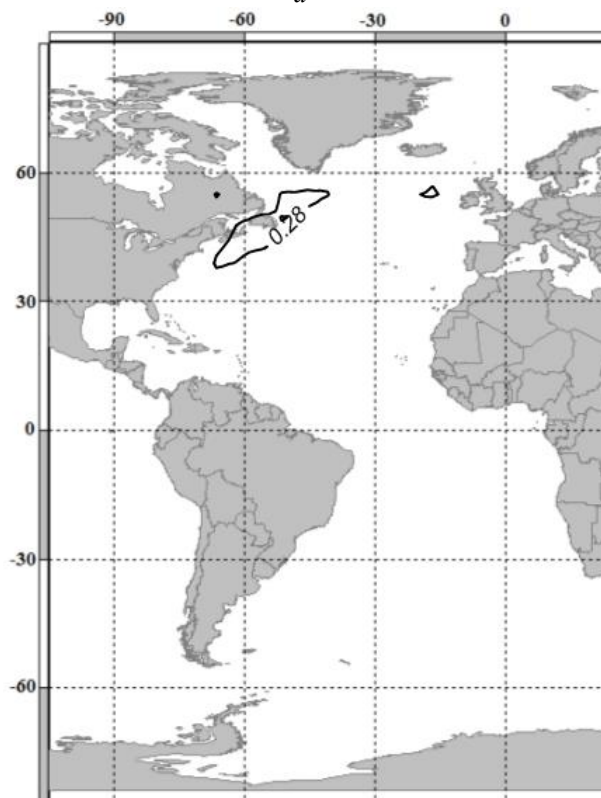
Рис. 1. Расположение районов Атлантического океана, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО в 1961–2010 гг. были значимо статистически связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МС

Из рис. 1 видно, что районы Атлантики, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО на любых изучавшихся отрезках времени были значимо связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МС, расположены в акватории моря Лабрадор, а также районы Атлантики, которые находятся к юго-западу от Исландии. Выявленные районы тропической зоны Атлантики включают Мексиканский залив, Карибское море, а также западный сектор этой зоны.

Сопоставление расположений районов Атлантики, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО, соответствующие периодам времени, начинающимся в 1955 и 1961 гг., были значимо связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ, показало следующее. Суммарная площадь рассматриваемых районов, соответствующих периоду 1955–2004 гг., существенно больше, чем для периода 1961–2010 гг. Расположения упомянутых районов Атлантического океана представлены на рис. 2.



a



б

Рис. 2. Расположение районов Атлантического океана, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО значимо связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ: *a* – начало периода – 1955 г.; *б* – начало периода – 1961 г.

Из рис. 2 следует, что в Атлантике существуют районы, где и в период 1955–2004 гг. (рис 1, *а*) и в период 1961–2010 гг. (рис. 1, *б*) вариации среднегодовых значений их ТПО были значимо статистически связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ. К этим районам относится область взаимодействия Гольфстрима и Лабрадорского течения, а также область в зоне Североатлантического течения, расположенная к югу от Исландии и к западу от Британских островов.

Кроме того в период 1955–2004 гг. рассматриваемые районы включали обширные акватории тропической зоны Атлантики, а также Норвежского моря. Сопоставление рис. 2, *а*, *б* показывает, что в рассматриваемый период времени суммарная площадь районов Атлантики, значимо влияющих на изучаемый процесс, уменьшалась.

На рис. 3 представлены расположения районов Тихого океана, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО, соответствующие периодам времени, начинающимся в 1955 и 1961 гг., значимо связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ.

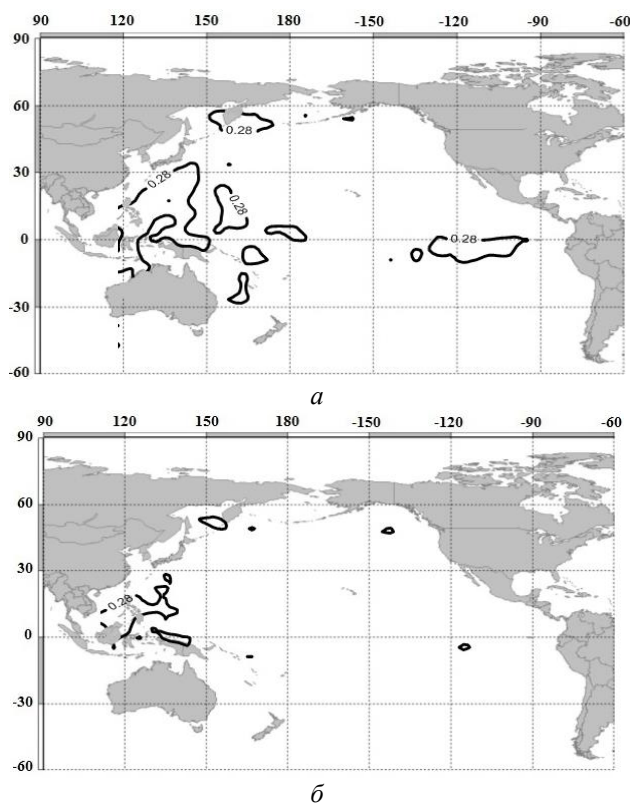


Рис. 3. Расположение районов Тихого океана, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО значимо связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ: *а* – Начало – 1955 г.; *б* – Начало – 1961 г.

Из рис. 3 следует, что районы Тихого океана, где изменения среднегодовых значений их ТПО

значимо связаны с вариациями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ, располагаются не только в северном полушарии, но и в южном. В период 1961–2010 гг., суммарная площадь рассматриваемых районов, стала существенно меньше, чем была в 1955–2004 гг. Их расположения сохранились практически неизменными, хотя размеры каждого из них стали меньше. Наиболее крупные районы расположены в Южно Китайском и Филиппинском море.

На рис. 4 представлены расположения районов Индийского океана, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО, соответствующие периодам времени, начинающимся в 1955 и 1961 гг., значимо связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ.

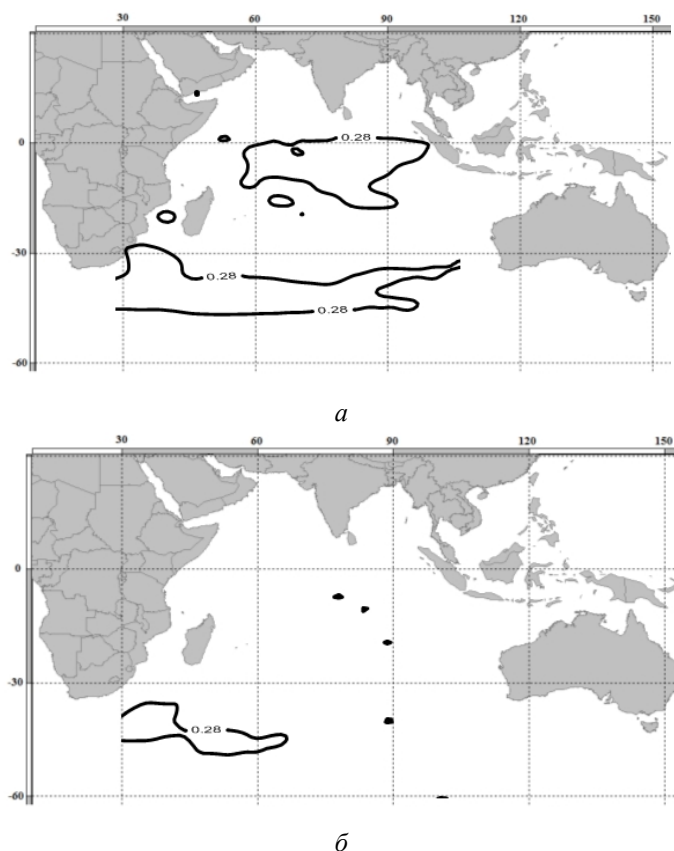


Рис. 4. Расположение районов Индийского океана, в которых вариации среднегодовых значений их ТПО значимо связаны с изменениями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ: *а* – начало 1955 г.; *б* – начало 1961 г.

Как видно из рис. 4, районы Индийского океана, где изменения среднегодовых значений их ТПО значимо связаны с вариациями повторяемости в северном полушарии типов атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ, в основном сосредоточены в южном полушарии. Их суммарная площадь, соответствующая периоду 1961–2010 гг., по сравнению с ее значением для периода 1955–2004 гг., существенно уменьшилась. При этом расположения

подобных областей ощутило не изменились. Из них наиболее обширная область располагается в зоне течения Западных ветров.

Сравнение рис. 2–4 показало, что площади областей значимой корреляции изучаемого процесса и вариаций ТПО во всех океанах за период с 1955 по 1961 г. заметно уменьшились. Аналогичный вывод может быть сделан и в отношении рассматриваемых изменений за весь период 1945–2011 гг.

При решении второй задачи оценены значения устойчивости всех выявленных статистических связей, которые являлись значимыми в период 1961–2010 гг. Это позволило определить те районы Атлантического, Тихого и Индийского океанов, для которых рассматриваемые связи являлись наиболее существенными.

Все двадцать океанических районов, в которых вариации ТПО значимо и наиболее устойчиво в период 1955–2010 гг. связаны с изменениями повторяемости структур атмосферной циркуляции, относящихся к группе МС, расположены в Северной Атлантике. Координаты центров этих районов, а также соответствующие им значения параметров γ и β , приведены в табл. 1.

Координаты двадцати районов Атлантического, Индийского и Тихого океана, в которых вариации ТПО значимо и наиболее устойчиво связаны с изменениями повторяемости структур атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ, а также соответствующие им уровни γ и β , приведены в табл. 2.

Таблица 1

Координаты выявленных районов Атлантического океана, а также соответствующие им значения γ и β

№	φ°	λ°	γ	β	№	φ°	λ°	γ	β
1	67.5	-27.5	0.284	34.7	11	57.5	-32.5	0.407	11.6
2	17.5	-82.5	0.343	17.7	12	12.5	-62.5	0.516	11.0
3	57.5	-37.5	0.439	17.6	13	12.5	-47.5	0.396	10.6
4	12.5	-82.5	0.337	15.6	14	7.5	-57.5	0.463	9.3
5	47.5	-42.5	0.358	14.9	15	62.5	-12.5	0.363	9.4
6	12.5	-52.5	0.434	13.3	16	52.5	-42.5	0.352	9.3
7	17.5	-77.5	0.393	12.9	17	62.5	-27.5	0.426	9.2
8	17.5	-72.5	0.353	12.6	18	62.5	-22.5	0.350	9.1
9	47.5	-47.5	0.363	12.5	19	62.5	-17.5	0.323	8.7
10	17.5	-67.5	0.376	12.0	20	12.5	-57.5	0.458	8.4

Таблица 2

Координаты районов Атлантического, Индийского и Тихого океана, в которых вариации ТПО значимо и наиболее устойчиво связаны с изменениями повторяемости структур атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ

Атлантический океан									
№	φ°	λ°	R	B	№	φ°	λ°	γ	β
1	42.5	-57.5	0.301	66.1	5	42.5	-42.5	0.317	25.5
2	32.5	-52.5	0.289	62.6	6	32.5	-47.5	0.305	22.3
3	27.5	-57.5	0.290	31.4	7	42.5	-37.5	0.299	18.6
4	37.5	-47.5	0.304	29.6	8	42.5	-32.5	0.290	17.9
Тихий океан									
№	φ°	λ°	R	B	№	φ°	λ°	γ	β
1	2.5	107.5	0.418	16.5	5	-7.5	137.5	0.304	14.7
2	2.5	112.5	0.411	16.0	6	-2.5	107.5	0.357	14.2
3	7.5	117.5	0.413	15.5	7	47.5	157.5	0.281	13.9
4	7.5	122.5	0.329	15.3	8	2.5	102.5	0.341	13.0
Индийский океан									
№	φ°	λ°	R	B	№	φ°	λ°	γ	β
1	-37.5	37.5	0.306	15.7	3	-37.5	82.5	0.292	12.6
2	-37.5	42.5	0.277	12.8	4	-12.5	82.5	0.295	11.6

Из табл. 2 следует, что восемь районов, в которых выявленные связи изменений их ТПО с вариациями повторяемости структур атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ, являются наиболее устойчивыми ($\beta > 17.9$) также расположены в Атлантическом океане.

Еще восемь районов, в которых значимые связи рассматриваемых процессов характеризуются $13.0 < \beta < 16.5$, расположены в западном секторе тропической зоны Тихого океана и в зоне Северо-Тихоокеанского течения.

В Индийском океане расположены еще четыре аналогичных района с $11.6 < \beta < 15.7$. Они находятся на северных перифериях течения Западных ветров и Южного Пассатного течения.

Как видно из сопоставления табл. 1 и 2, все океанические районы, в которых вариации ТПО значимо и устойчиво влияют на изменения повторяемости в северном полушарии структур атмосферной циркуляции, относящихся к группам МЮ и МС, расположены в областях тех или иных крупномасштабных поверхностных течений. Последнее позволяет предполагать возможность существования столь же значимых и устойчивых связей изучаемых процессов с опережающими их по времени на T вариациями ТПО океанических районов, из которых термические аномалии по соответствующим течениям за время T достигают районов, указанных в этих таблицах.

Полученные результаты позволяют также предположить, что происходящие на протяжении каждого года смены типов атмосферной циркуляции также могут быть обусловлены вариациями ТПО выявленных районов Мирового океана.

Подтверждение адекватности выдвинутых гипотез позволило бы использовать результаты мониторинга ТПО в подобных районах для прогнозирования (как долгосрочного, так и среднесрочного) изменений повторяемости рассматриваемых типов атмосферной циркуляции в северном полушарии, а также метеословий в его регионах. Поэтому оценка их адекватности представляется актуальной и в будущем может быть осуществлена.

Выявленные перемены суммарных площадей океанических регионов, в которых вариации ТПО значимо влияют на изменения повторяемости в северном полушарии рассматриваемых типов атмосферной циркуляции, соответствуют выявленным в [6] тенденциям этих изменений.

5. Выводы

Таким образом, установлено, что в Атлантическом, Тихом и Индийском океане существуют районы, в которых вариации их ТПО значимо и устойчиво влияют на изменения повторяемости в северном полушарии структур атмосферной циркуляции, относящихся к группам МС и МЮ.

Все океанические районы, где вариации ТПО значимо и устойчиво влияют на изменения повторяемости в северном полушарии структур атмосферной циркуляции, относящихся к группе МС, расположены в двух регионах северной Атлантики. Площади областей значимой корреляции рассматриваемых процессов в данных регионах за период с 1945 по 2011 г. несколько увеличились.

Акватории, в которых вариации ТПО значимо и устойчиво влияют на изменения повторяемости структур атмосферной циркуляции, относящихся к группе МЮ, расположены в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах. Площади областей значимой корреляции рассматриваемых процессов в данных

регионах за период с 1945 по 2011 г. устойчиво уменьшались.

Наиболее устойчивыми связи обоих изучаемых процессов с вариациями ТПО являются для акваторий северной части Атлантического океана. Это позволяет предполагать, что именно этот регион Мирового океана играет главную роль в происходящих изменениях структур атмосферной циркуляции в северном полушарии.

Литература

1. Вангейм, Г. Я. О колебаниях атмосферной циркуляции над Северным полушарием [Текст] / Г. Я. Вангейм // Известия АН СССР. Сер. Географ. и Геофиз. – 1946. – № 5. – С. 405–416.
2. Гирс, А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов [Текст] / А. А. Гирс. – Л. Гидрометеоздат, 1974. – 488 с.
3. Дзердиевский, Б. Л. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов [Текст] / Б. Л. Дзердиевский, В. М. Курганская, З. М. Витивницкая // М. , Л. Гидрометеоздат. Тр. Н.-и. учреждений Гл. упр. Гидрометеорол. Службы при Совете Министров СССР. Синоптическая метеорология. Центральный институт прогнозов. – 1946. – Вып. 21, Сер. 2. – 80 с.
4. Дзердиевский, Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. Избранные труды [Текст] / Б. Л. Дзердиевский. – М. Наука, 1975. – 286 с.
5. Груза, Г. В. Климатическая изменчивость повторяемости и продолжительности основных форм циркуляции в умеренных широтах Северного полушария [Текст] / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова // Метеорология и гидрология». – 1996. – № 1. – С. 12–22.
6. Кононова, Н. К. Циркуляция атмосферы в Европейском секторе северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму [Текст] / Н. К. Кононова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10, Вып. 1. – С. 633–640.
7. Матвеев, Л. А. Теория атмосферной циркуляции и климата Земли [Текст] / Л. А. Матвеев. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 291 с.
8. Сидоренков, Н. С. Многолетние изменения атмосферной циркуляции и колебания климата в первом естественном синоптическом районе [Текст] / Н. С. Сидоренков, П. И. Свиренко // Труды Гидрометцентра СССР. – 1991. – Вып. 316. – С. 93–105.
9. Мартазинова, В. Ф. Крупномасштабная циркуляция атмосферы XX столетия, ее изменения и современное состояние [Текст] / В. Ф. Мартазинова, Т. А. Свердлик // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 1998. – Вип. 246. – С. 21–27.
10. Океанология. Т. 1. Гидрофизика океана [Текст] / под ред. В. М. Каменковича, А. С. Моница. – Москва: Наука, 1978. – 456 с.
11. База данных об изменениях среднемесячных значений аномалий поверхностных температур различных районов Мирового океана: The HadSST2 Sea Surface Temperature Anomaly data archived by the UK Met Office Hadley Center. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://wxweb.meteostar.com/SST/index.shtml?point=730>
12. Reanalyses site [Electronic resource] / Available at: <https://reanalyses.org/>
13. База данных об изменениях в 1899–2011 гг. суммарных продолжительностей периодов, в течение которых ЭЦМ различных групп преобладали в северном

полушарии [Электронный ресурс] / Режим доступа: www.Atmospheric-circulation.ru

14. Зак, Ш. Теория статистических выводов [Текст] / Ш. Зак; пер. с англ. Е. В. Чепурина; под ред. Ю. К. Бе-ляева. – М.: Мир, 1985. – 776 с.

15. Скворцов, А. В. Триангуляция Делоне и ее применение [Текст] / А. В. Скворцов. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128 с.

References

1. Vangeym, G. Y. (1946). Oscillations of the atmospheric circulation over the northern hemisphere. Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR. Ser. Geographer. and Geofiz., 5, 405–416.

2. Gears, A. A. (1974) Macrocirculation method of long-term weather forecasts, Lviv: Gidrometeoizdat, 488.

3. Dzerdievsky, B. L., Kurgan, V. M., Vitivitskaya, Z. M., (1946). Typing circulation mechanisms in the northern hemisphere and characterization of synoptic seasons, M., L. Gidrometeoizdat, Tr. H.-Y. institutions Ch. Ex. Hydro. Service under the USSR Council of Ministers. Ser.2 synoptic meteorology. Central Institute of forecasts, 21, 80.

4. Dzerdievsky, B. L. (1975). General circulation of the atmosphere and climate [Selected Works]. Moscow: Nauka, 286.

5. Gruza, G. V., Rankova, E. J. (1996). Climate variability frequency and duration of the main forms of circulation in the temperate latitudes of the Northern Hemisphere. "Meteorology and Hydrology", 1, 12–22.

6. Kononova, N. K. (2014). Atmospheric circulation in the European sector of the northern hemisphere in the XXI

century and temperature fluctuations in the Crimea, Geopolitics and Ecogeodynamics regions, 10 (1), 633–640.

7. Matveev, L. A. (1991). Theory of atmospheric circulation and climate of the Earth. Lviv: Gidrometeoizdat, 291.

8. Sidorenko, N. S., Svirengo, P. I. (1991). Long-term changes in atmospheric circulation and climate variability in the first natural synoptic region, Proceedings of the Hydro-meteorological Center of the USSR, 316, 93–105.

9. Martazinova, V. F., Sverdlik, T. A. (1998). Large-scale atmospheric circulation of the twentieth century, its changes and the current state, Naukovi pratsi Ukrayinsky Naukovo-doslidnogo gidrometeorologichnogo institutu, 246, 21–27.

10. Kamenkovich, V. M., Monin, A. S. (Eds.) (1978). Oceanology. Vol. 1. Hydrophysics Ocean. Moscow, Nauka, 456.

11. Reanalyses site. Available at: <http://www.reanalysis.org>

12. The HadSST2 Sea Surface Temperature Anomaly data archived by the UK Met Office Hadley Center. Available at: <https://reanalyses.org/>

13. Database of changes recurrence patterns of atmospheric circulation, belonging to the group MJ. Available at: www.Atmospheric-circulation.ru.

14. Zachs, S.; Belyaev, J. K. (Ed.) (1985). Theory of statistical inference. Moscow: Mir, 776.

15. Skvortcov, A. V. (2002). Delaunay triangulation and its application. Tomsk: Publishing House of Tomsk State University, 128.

Дата надходження рукопису 14.01.2015

Холопцев Александр Вадимович, доктор географических наук, профессор, действительный член Крымской академии наук и академии наук Польши (комиссия по метеорологии и агроклиматологии), профессор кафедры Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков, 7-а, г. Севастополь, 99055
E-mail: khloptsev@mail.ru

УДК 551.510.551.46

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.37631

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ НА АТМОСФЕРУ И ОКЕАН

© В. Д. Доля, Н. В. Кучеренко, Б. Б. Капочкин

Оценены амплитуды изменения во времени силы тяжести и влияние этих изменений на динамику атмосферы. Выполнены сопоставления суточных вариаций гравитационного поля и атмосферного давления в экваториальной зоне. Показана согласованность изменения силы тяжести в Индийском океане с формированием муссонной циркуляции. Обосновано влияние разнонаправленных вариаций силы тяжести на формирование ливней и засух

Ключевые слова: гравитационное поле, градиент давления, муссоны, ветры, тропические циклоны

An amplitude changes over time of gravity force and the influence of these changes on the dynamics of the atmosphere are estimated. The comparison of the daily variations of the gravitational field and the atmospheric pressure in the equatorial zone are made. The coherence of gravity change in the Indian Ocean with the formation of monsoon circulation is shown. The influence of differently directed gravity variations on the formation of rain and droughts is proved

Keywords: gravitational field, pressure gradient, monsoon, winds, tropical cyclones

1. Введение

Гравитационное поле Земли характеризуется незначительными пространственно-временными

изменениями, которые изучаются в рамках международных проектов GRACE, AVISO, Global gravity network [1–3]. Стабилизированное во времени