

References

1. Bak, Y. S., Yoo, K. C., Yoon, H. I., Lee, J. D., Yun, H. (2007). Diatom evidence for Holocene paleoclimatic change in the South Scotia Sea, West Antarctica. *Geosciences Journal*, 11 (1), 11–22. doi: 10.1007/bf02910377
2. Lisitzin, A. P. (1994). *Ledovaya sedimentatsiya v Mirovom okeane [Ice sedimentation in the World ocean]*. Nauka, 448.
3. Diekmann, B., Kuhna, G., Rachold, V., Abelmann, A., Brathauer, U., Futterer, D., Gersonde, R., Grobe, H. (2000). Terrigenous sediment supply in the Scotia Sea (Southern Ocean): response to Late Quaternary ice dynamics in Patagonia and on the Antarctic Peninsula. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 162 (3-4), 357–387. doi: 10.1016/S0031-0182(00)00138-3
4. Gersonde, R., Burckle, L. (1990). Neogene diatom biostratigraphy of ODP Leg 113, Weddell Sea (Antarctic Ocean). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 113, 761–789. doi: 10.2973/odp.proc.sr.113.126.1990
5. Harwood, D., Scherer, R. (1988). Diatom biostratigraphy and paleoenvironmental significance of reworked Miocene diatomaceous clasts in sediments from RISP site J-9. *Antarctic Journal of the U.S.*, 23 (5), 31–34.
6. Buffen, A., Leventer, A., Rubin, A., Hutchins, T. (2007). Diatom assemblages in surface sediments of the north-western Weddell Sea, Antarctic Peninsula. *Marine Micropaleontology*, 62 (1), 7–30. doi: 10.1016/j.marmicro.2006.07.002
7. Crosta, X., Romero, O., Armand, L., Pichon, J.-J. (2005). The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 2. Open ocean related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223 (1), 66–92. doi: 10.1016/j.palaeo.2005.03.028
8. Armand, L., Crosta, X., Romero, O., Pichon, J.-J. (2005). The biogeography of major diatom taxa in Southern Ocean sediments: 1. Sea ice related species. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 223 (1), 93–126. doi: 10.1016/j.palaeo.2005.02.015
9. Zielinski, U., Gersonde, R. (2002). Plio-Pleistocene diatom biostratigraphy from ODP Leg 177, Atlantic sector of the Southern Ocean. *Marine Micropaleontology*, 45 (3-4), 225–268. doi: 10.1016/S0377-8398(02)00031-2
10. Censarec, B., Gersonde, R. (2003). Data report: Relative abundance and stratigraphic ranges of selected diatom from Miocene sections at ODP Sites 689, 690, 1088 and 1092 (Atlantic sector of Southern Ocean). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 117, 1–14. doi: 10.2973/odp.proc.sr.177.119.2003
11. Bart, P. (2003). Were West Antarctic Ice Sheet grounding events in the Ross Sea a consequence of East Antarctic Ice Sheet expansion during the middle Miocene? *Earth and Planetary Science Letters*, 216 (1–2), 93–107. doi: 10.1016/S0012-821X(03)00509-0

*Рекомендовано до публікації д-р геол. наук Іванік О. М.
Дата надходження рукопису 20.04.2015*

Огиенко Олег Сергеевич, ассистент, кафедра общей и исторической геологии, УНИ «Институт геологии» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, ул. Васильковская, 90, г. Киев, Украина, 03022

E-mail: ogienko@univ.kiev.ua

Тимченко Юлия Анатольевна, кандидат геологических наук, младший научный сотрудник, НИЛ Геотектонической и прикладной геофизики, УНИ «Институт геологии» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, ул. Васильковская, 90, г. Киев, Украина, 03022

E-mail: maotica@ukr.net

УДК 911.2;551.510.534;551.513
DOI: 10.15587/2313-8416.2015.42282

ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОЗООНОВОЙ ДЫРЫ И ПОВТОРЯЕМОСТЬ МЕРИДИОНАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ЮЖНОГО ТИПА

© А. В. Холопцев, М. П. Никифорова

Выявлены значимые статистические связи изменений среднемесячных значений общего содержания озона, в месяцы существования озоновой дыры, с вариациями продолжительностей периодов преобладания в атмосфере над Северным полушарием Земли элементарных циркуляционных механизмов, которые относятся к Меридиональному южному типу

Ключевые слова: озоновая дыра, общее содержание озона, элементарный циркуляционный механизм, субтропический разрыв тропопаузы, температура поверхности океана

Significant statistical connections of monthly mean values changes of total ozone amount and duration variations of prevalence periods in atmosphere over Northern hemisphere of meridional southern type of elementary circulation mechanisms have been revealed in months, when ozone hole exists

Keywords: ozone hole, total ozone amount, elementary circulation mechanism, subtropical tropopause break, sea surface temperature

1. Введение

Состояние озонового слоя над различными регионами нашей планеты во многом определяет распределение по их поверхности потока ультрафиолетовой радиации, которая существенно влияет на здоровье их населения и развитие многих компонентов их

живой природы. Поэтому выявление роли различных факторов в его изменениях является актуальной проблемой физической географии, метеорологии, геофизики ландшафтов и биogeографии.

Интерес к изучению данной проблемы существенно возрос в 80-х и 90-х годах XX в., после того

как было установлено, что среднегодовые значения общего содержания озона (далее ОСО) во всей земной атмосфере снижаются. Поскольку дальнейшее развитие указанного процесса являлось бы реальной угрозой для биосферы, это привело к ратификации многими государствами мира Монреальского соглашения и Киотского протокола, направленных на ограничение техногенных воздействий на атмосферу.

Несмотря на то, что к началу XXI в. в реализации этих документов удалось сделать лишь первые шаги, упомянутая опасная тенденция изменения ОСО в земной атмосфере сменилась на противоположную. Поскольку существенных изменений характеристик антропогенных воздействий на атмосферу перед этой сменой не происходило, факт ее возникновения обуславливает интерес к поиску природных факторов, которые могли бы послужить ее причиной.

Так как упомянутые изменения состояния озоносферы проявляются наиболее ощутимо в области Антарктической Озоновой Дыры (далее ОД), решение рассматриваемой проблемы в отношении последней представляет существенный теоретический интерес, несмотря на то, что на экологические условия в других регионах мира непосредственного влияния она не оказывает.

2. Обзор литературы

Установлено, что причиной ежегодного образования в весенние месяцы ОД является высвобождение в этот период из элементов приполярных стратосферных облаков (далее ПСО) веществ, участвующих в разрушении озона [1]. Происходит это потому, что температура воздуха в слоях стратосферы, в которых формируются ПСО в течение полярной ночи, весной повышается вследствие поглощения в них озоном ультрафиолетовой радиации солнца. Интенсивность выделения в таких слоях стратосферы тепла определяется как потоком этой радиации, который зависит от солнечной активности [2], так и количеством озона, сохранившегося в них с осени (в условиях полярной ночи озон не образуется).

Интенсивность поступления в соответствующие слои стратосферы над Антарктикой веществ, участвующих в разрушении стратосферного озона, зависит также от количества этих веществ, накопившегося в ПСО за зимний период. Поскольку подобные вещества, проникшие через разрывы тропопаузы в нижние слои стратосферы, распределяются в ней по вертикали в период осенней миграции турбулентной прослойки, разделяющей слои, где преобладает западный и восточный перенос, на интенсивность их высвобождения могут влиять также атмосферные процессы, происходившие перед этой миграцией (как минимум, в осенний период).

Наблюдения за изменчивостью распределения ОСО во всем сегменте атмосферы над Антарктикой, в месяцы, когда существует ОД, осуществляется при помощи системы глобального спутникового мониторинга. Получаемые при этом результаты, за период, начиная с января 1979 г., представлены в [3].

Одним из атмосферных процессов, существенно влияющих на характеристики переноса ве-

ществ из тропосферы в стратосферу через разрывы тропопаузы, является атмосферная циркуляция [1, 4]. Это позволяет предполагать, что межгодовые вариации ее характеристик могут быть значимо статистически связаны с изменениями среднемесячных значений ОСО над Антарктикой, в период существования ОД, запаздывающими по отношению к ним на время, не превышающее 9 месяцев.

К числу наиболее информативных характеристик атмосферной циркуляции относятся различные ее индексы [5].

В 1915 г. Б. П. Мультановский [6] заметил, что синоптические процессы поддаются типизации. Он ввел в метеорологию понятие «элементарный синоптический процесс», продолжительность которого составляет примерно 2 – 4 дня. По мнению Б. П. Мультановского элементарные синоптические процессы группируются в «естественный синоптический период» – понятие, порожденное цикличностью синоптических процессов.

В 1944 г. Х. Виллетт [7, 8] и К. Г. Россби [9] обнаружили, что в атмосфере наблюдается квазипериодическое чередование разных типов атмосферной циркуляции. Состояние с повышенной интенсивностью упорядоченной циркуляции («высокий индекс»), при котором энергия турбулентных структур понижена, чередуются с обратной ситуацией («низкий индекс»), при которой энергия турбулентности (циклогенез) достигает максимума. Обнаруженное метеорологическое явление получило название «цикл индекса».

По оценкам Х. Виллетта и К. Г. Россби период цикла индекса составляет примерно 3–4 недели. Для точного определения периода цикла индекса многократно проводился спектральный анализ рядов наблюдений, как за индексами циркуляции, так и за другими характеристиками состояния атмосферы. Спектр этих рядов оказался довольно сложным, содержащим в интервале 5–50 суток много гармоник. Присутствует в нем и значимая составляющая с периодом год со своими гармониками [10]. Последнее обуславливает интерес к изучению межгодовой изменчивости характеристик рассматриваемых циклов.

Установлено, что в южном полушарии типичное значение периода цикла индекса составляет 18–23 суток, а в северном полушарии 20–26 суток [11].

Основой современных представлений о межгодовой и сезонной изменчивости преобладающих типов структур атмосферной циркуляции являются работы Г. Я. Вангейма [12], Б. Л. Дзердиевского [13] и Гирса [14], посвященные особенностям этого процесса в Северном полушарии Земли. Ими предложено среди всего многообразия подобных структур выделять четыре их группы: Зональную (З), Нарушенную Зональную (НЗ), Меридиональную Южную (МЮ) и Меридиональную Северную (МС). Теми же авторами предложены методики оценки циркуляционных индексов, характеризующих среднюю продолжительность преобладания в том или ином месяце в атмосфере циркуляционных структур того или иного типа – т. н. элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ).

В соответствии с методикой Б. Л. Дзердиевского [13] изучены изменения индексов, характеризую-

ющих изменения ЭЦМ всех рассматриваемых групп в Северном полушарии Земли за период с 1899 г. [15]. Установлено, что ЭЦМ, принадлежащие к группе МЮ, в данном полушарии господствовали после 1957 г. Вследствие этого изучение рассматриваемой проблемы в отношении структур атмосферной циркуляции, относящихся к указанной группе, представляет наибольший интерес.

В периоды преобладания в Северном полушарии ЭЦМ МЮ, над Северным полюсом располагается область низкого давления. В тоже время наблюдается входение из низких широт в высокие двух – четырех циклонов, которые увлекают за собой теплый и влажный воздух.

Применяемые ныне подходы к типизации атмосферных процессов над Южным полушарием нашей планеты, как правило, основаны на учете локализации основных центров действия атмосферы, которая определяет направление переноса в нем воздушных масс и перемещения циклонических серий.

Так как продолжительность метеонаблюдений в Южном полушарии, значительно меньше, чем в Северном полушарии, критерии разделения атмосферных процессов на зональные и меридиональные для него не выработаны, что до сих пор не позволило разработать соответствующие методики отнесения существующих в нем структур атмосферной циркуляции к той или иной группе.

Установлено, что существенное влияние на изменения индексов атмосферной циркуляции оказывает взаимодействие Мирового океана и атмосферы, которое формирует соответствующие сигналы в поле атмосферного давления. Вследствие этого на межгодовые изменения состояния ОД способны в той или иной мере влиять многие природные факторы, к числу которых могут относиться и изменения суммарных продолжительностей периодов преобладания в Северном полушарии Земли ЭЦМ МЮ.

3. Постановка задач

Несмотря на то, что исследованиям различных особенностей изменения характеристик атмосферной циркуляции и состояния озоносферы над Антарктикой в период существования ОД посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов, а результаты их мониторинга представлены в свободном доступе в Интернете, ранее адекватность выдвинутого предположения не проверялась. Это не позволяет при прогнозировании изменений состояния ОД, а также связанных с ними физико-географических и биогеографических процессов корректно использовать результаты метеорологических наблюдений, позволяющих вычислять значения тех или иных индексов атмосферной циркуляции. По указанной причине поиск решения рассматриваемой проблемы представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Учитывая изложенное, объектом исследования в данной работе являлись межгодовые изменения состояния озоносферы и атмосферной циркуляции в период существования ОД.

Предметом исследования являлись статистические связи межгодовых изменений распределения

ОСО в земной атмосфере, а также опережающих их по времени вариаций средней продолжительности периодов преобладания в Северном полушарии ЭЦМ МЮ.

Целью работы являлась проверка адекватности выдвинутой гипотезы и выявление условий, при которых статистические связи между рассматриваемыми процессами являются значимыми.

Для достижения указанной цели для месяцев, относящихся к периоду существования ОД, решена задача анализа статистических связей межгодовых изменений среднемесячных значений ОСО во всех сегментах земной атмосферы, не попадающих в область полярной ночи (где измерения ОСО невозможны) с вариациями средней продолжительности периодов преобладания в Северном полушарии ЭЦМ МЮ.

4. Методика исследования и фактический материал

Как количественная мера силы статистической связи между рассматриваемыми процессами рассмотрено значение коэффициента парной корреляции сопоставляемых фрагментов их временных рядов. При этом предполагалось, что изменения атмосферной циркуляции могут являться причиной, а изменения распределения ОСО – следствием, которое может запаздывать по отношению к этой причине на 0–9 месяцев.

Рассчитаны значения указанной меры для временных рядов среднемесячных значений ОСО во всех сегментах земной атмосферы, не относящихся к области полярной ночи, которые соответствуют каждому месяцу за период с 1979 г. по 2010 г., а также фрагментов рядов значений повторяемости ЭЦМ МЮ и МС в Северном полушарии, опережающих их на 0–9 месяцев. При этом все сопоставляемые временные ряды содержат по 32 члена. Анализ автокорреляционных функций рассматриваемых рядов показал, что соответствующее им значение числа степеней свободы соответствует 32. Поэтому полученные результаты, соответствующие тому или иному месяцу, для которого рассматривается ряд ОСО, и некоторому опережению его рядом ЭЦМ, отображены на контурных картах мира изолиниями значений коэффициента парной корреляции между изучаемыми процессами, соответствующих уровням 95% порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента для рядов, число степеней свободы которых равно 32. Также для более наглядного отображения особенностей отображаемого распределения на них нанесены изолинии -0.5 и -0.6 .

При построении указанных изолиний использован метод триангуляции Делоне [16].

При описанных исследованиях как фактический материал использованы временные ряды среднемесячных значений ОСО во всех сегментах земной атмосферы, ограниченных квадратами координатной сетки размерами $1 \times 1^\circ$ град., не попадающих в область полярной ночи [3], а также ряды соответствующих каждому месяцу значений индекса повторяемости в Северном полушарии ЭЦМ МЮ и МС.

При формировании последних использованы данные [17] об изменениях продолжительности

периодов преобладания в Северном полушарии Земли ЭЦМ МЮ и МС в период, начиная с 1 января 1899 г., полученные с использованием методики Б. Л. Дзердиевского.

5. Результаты исследования и их анализ

В соответствии с описанной методикой, для каждого месяца на контурные карты мира нанесены указанные изолинии значений коэффициента парной корреляции временных рядов, отображающих межгодовые изменения среднемесячных значений ОСО, а также вариации значений индекса повторяемости ЭЦМ МЮ и МС, которые опережают их на 0–9 месяцев.

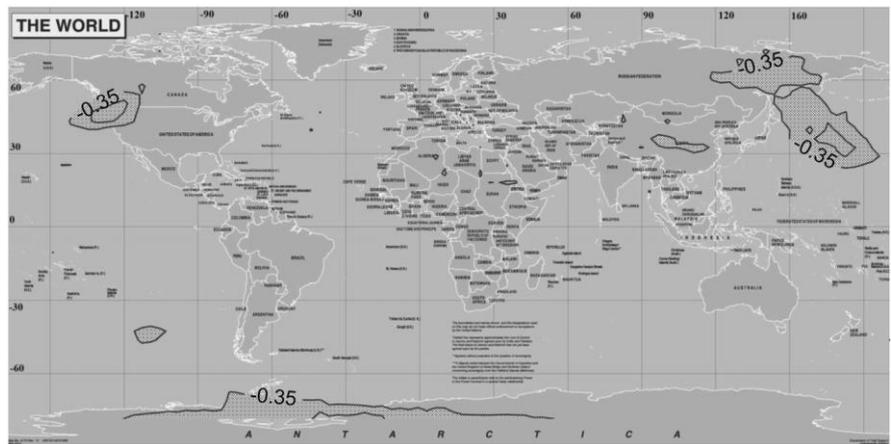
В качестве примера, на рис. 1 приведены схемы расположения упомянутых изолиний связи вариаций ОСО, а также совпадающих с ними по времени (опережение равно нулю) изменений повторяемости ЭЦМ МЮ для месяцев сентябрь, октябрь и ноябрь.

Из рис. 1 видно, что в сентябре, октябре и ноябре области значимой корреляции межгодовых вариаций среднемесячных ОСО, а также совпадающих с ними по времени изменений повторяемости в Северном полушарии ЭЦМ МЮ, существуют не только в нем, но и в Южном полушарии. В последнем рассматриваемая область пространственно соответствует ОД.

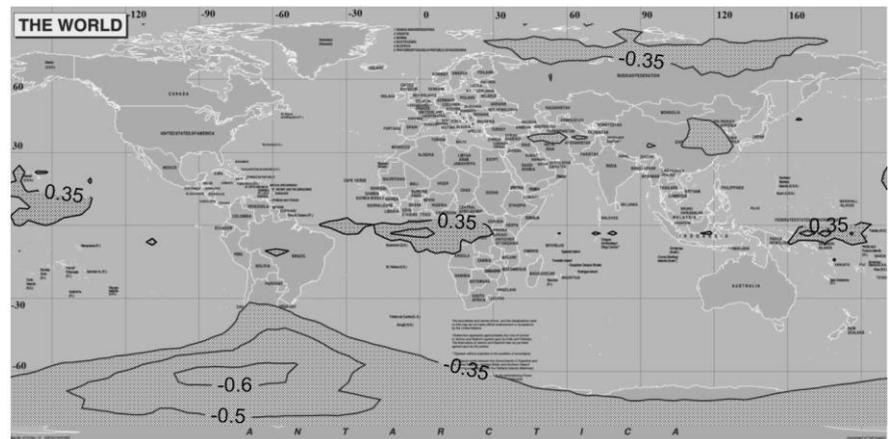
Представленные результаты доказывают наличие в месяцы существования ОД сильной статистической связи межгодовых изменений ОСО над Антарктикой с совпадающими с ними по времени вариациями повторяемости ЭЦМ МЮ. Они указывают на то, что между изменениями поверхностных температур акваторий Мирового океана, которые значимо влияют на вариации повторяемости в Северном полушарии ЭЦМ МЮ для рассматриваемых месяцев, а также солнечной активностью.

Причины существования данной связи нуждаются в дополнительном изучении. Ее наличие соответствует представлениям о возможном характере этих причин, изложенным в [17].

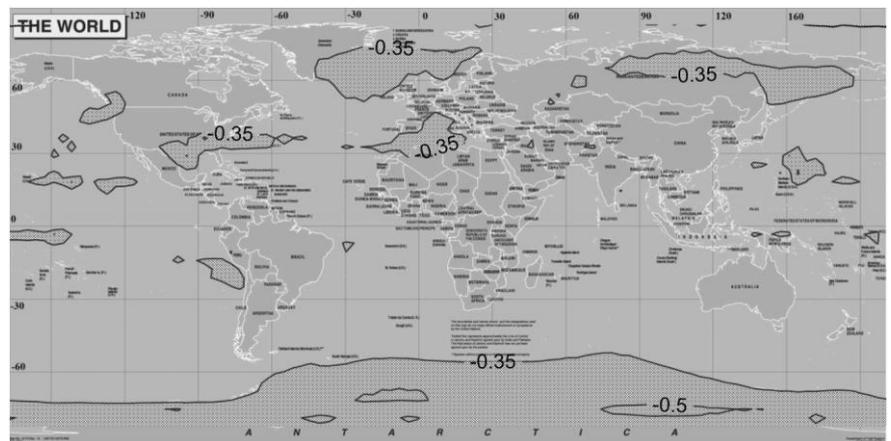
Установлено, что в другие месяцы над Антарктикой области значимой корреляции рассматриваемых процессов отсутствуют.



a



б



в

Рис. 1. Распределение в земной атмосфере значений коэффициента парной корреляции межгодовых вариаций ОСО, а также изменений повторяемости ЭЦМ МЮ, совпадающих с ними по времени:

a – сентябрь; *б* – октябрь; *в* – ноябрь

В области ОД значимые статистические связи межгодовых изменений ОСО над рассматриваемым регионом в ноябре с вариациями повторяемости ЭЦМ МЮ существуют также при временных сдвигах между этими процессами на 5 месяцев. Изменения сентябрьских ОСО в области ОД связаны с рассматриваемым фактором при временных сдвигах 0–2 месяца, вариации октябрьских ОСО – при сдвигах 0–4 месяца. Особенности распределения в земной атмосфере значений коэффициента парной корреляции

ции межгодовых вариаций ОСО в ноябре, а также опережающих их по времени изменений индекса

ЭЦМ МЮ нетрудно выявить, рассмотрев иллюстрирующий их рис. 2.

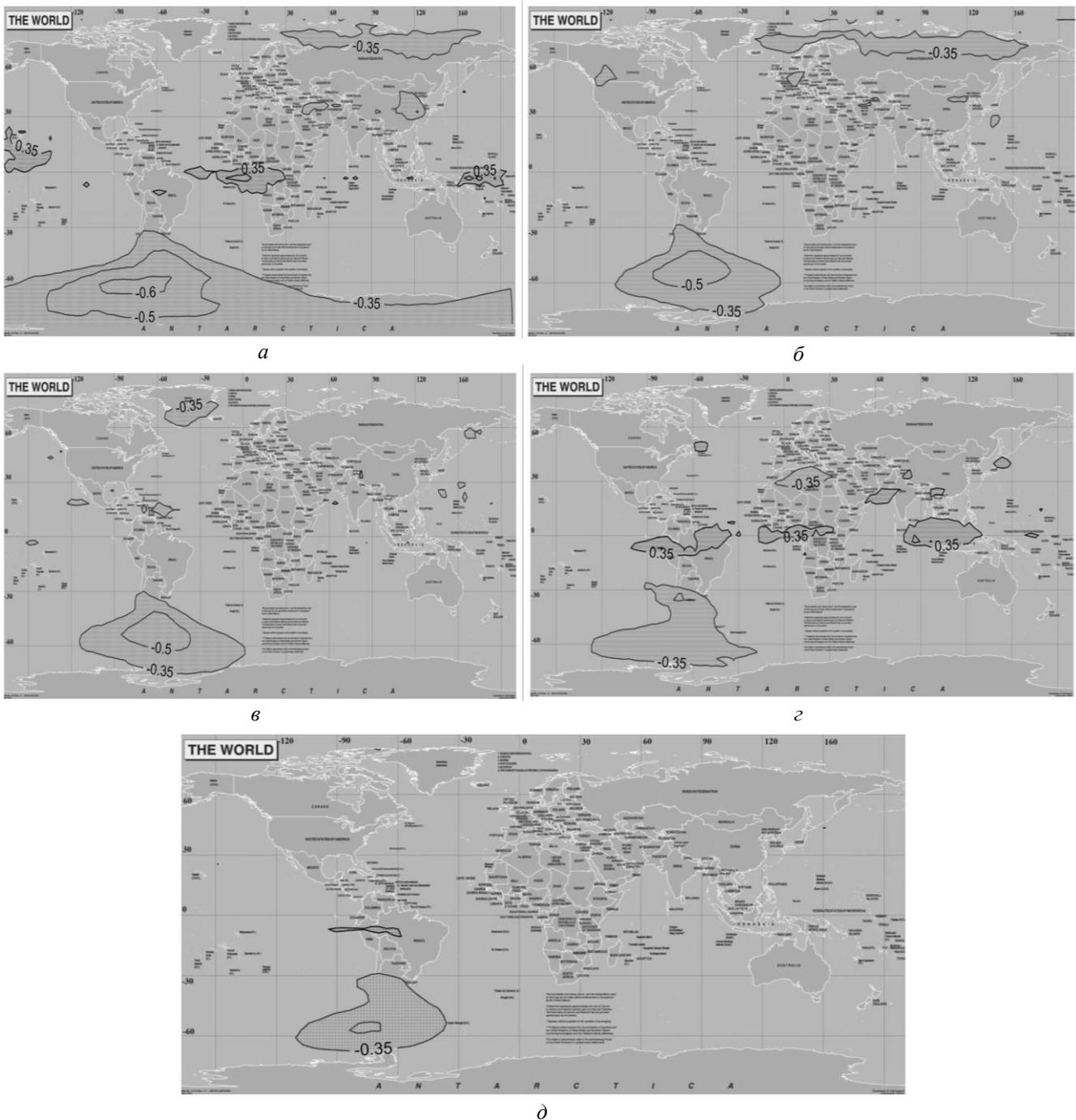


Рис. 2. Распределение в земной атмосфере значений коэффициента парной корреляции межгодовых вариаций ОСО в ноябре, а также изменений повторяемости ЭЦМ МЮ в месяцы: *a* – октябрь; *б* – сентябрь; *в* – август; *г* – июль; *д* – июнь

Из рис. 2 видно, что при любых рассматриваемых значениях временного сдвига между рядами ОСО в ноябре, а также индексов ЭЦМ МЮ, в Южном полушарии существует обширная область значимой отрицательной корреляции этих процессов. Данная область устойчиво располагается над регионами Южной Америки и прилегающими к ним акваториями Тихого и Атлантического океанов, которые находятся южнее 30-й параллели, и включают соответствующие участки побережья Антарктиды. Мак-

симальные по модулю значения в ней коэффициента парной корреляции рассматриваемых процессов по мере увеличения временного сдвига между ними монотонно снижаются.

Характер взаимно корреляционных функций (ВКФ) межгодовых изменений в 1979–2010 гг. ОСО в ноябре в некоторых сегментах атмосферы, относящихся к выявленной области и опережающих их по времени вариаций индексов ЭЦМ МЮ, представлен на рис. 3.

Из рис. 3 следует, что во всех рассматриваемых сегментах атмосферы корреляция рассматриваемых процессов является значимой при временных сдвигах между ними превышающих 4 года. Также она является значимой при условии, что изменения суммарной продолжительности периодов преобладания в Северном полушарии Земли ЭЦМ МЮ опережают все изучаемые процессы на 18, 21, 27 месяцев.

Полученный результат делает актуальным вопрос: могут ли выявленные статистические связи быть использованы для ориентировочного прогнозирования изменения состояния ОД? Нетрудно видеть, что последнее в принципе возможно, если межгодовые изменения ОСО в пределах выявленной области значимо коррелированы с вариациями ОСО любых сегментах атмосферы, где в соответствующем месяце образуется ОД. Для проверки наличия этого свойства выполнен корреляционный анализ связей межгодовых изменений ОСО в различных сегментах атмосферы над Антарктикой, а также вариациями данной характеристики в различных сегментах выявленной области.

Рассмотрим полученные результаты на примере, представленном на рис. 4, где показаны зависимости коэффициента парной корреляции временных рядов среднемесячных значений ноябрьских ОСО в сегменте атмосферы размерами $1 \times 1^\circ$ с координатами северо-западного угла $50^\circ S, 70^\circ W$, относящемся к выявленной области, а также в аналогичных сегментах атмосферы, расположенных южнее, на меридианах $70^\circ W$ и $70^\circ E$.

Как видим из рис. 4, межгодовые изменения ОСО в рассматриваемом сегменте атмосферы значимо и положительно коррелированы с вариациями ОСО во всей области ОД. Последнее позволяет предполагать возможность применения результатов мониторинга индекса ЭЦМ МЮ, не только при моделировании, но и при ориентировочном прогнозировании изменений состояния ОД.

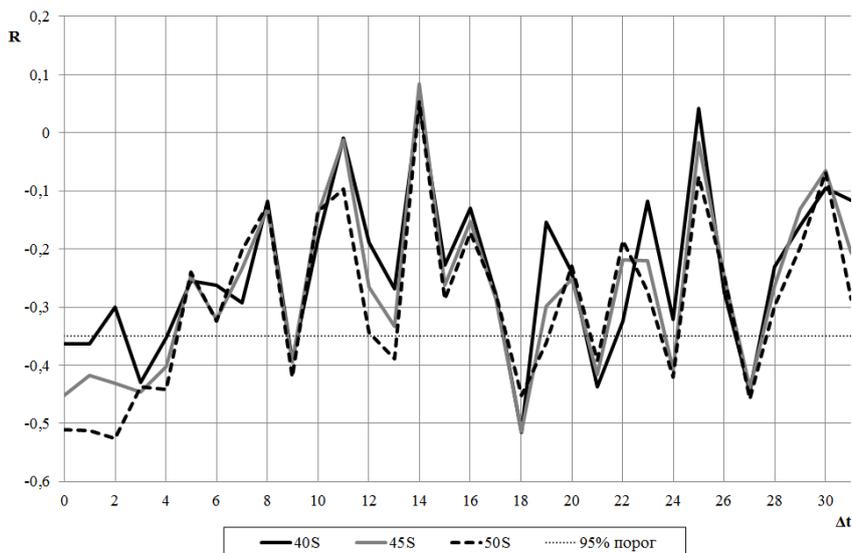


Рис. 3. ВКФ межгодовых изменений в 1979–2010 гг. ОСО в ноябре в некоторых сегментах атмосферы, расположенных на меридиане $70^\circ W$, который пересекает выявленную область, и опережающих их по времени вариаций индексов ЭЦМ МЮ

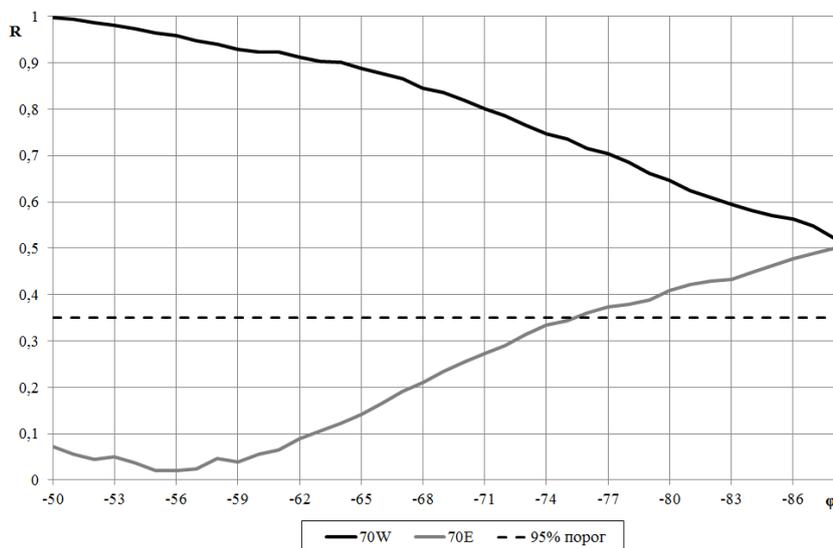


Рис. 4. Зависимость коэффициента парной корреляции временных рядов среднемесячных значений ноябрьских ОСО в сегменте атмосферы размерами $1 \times 1^\circ$ с координатами северо-западного угла $50^\circ S, 70^\circ W$, а также в аналогичных ее сегментах, расположенных южнее, на меридианах $70^\circ W$ и $70^\circ E$

6. Выводы

Таким образом, установлено:

1. Межгодовые изменения среднемесячных ОСО над Антарктикой и многими прилегающими к ней регионами Южного полушария нашей планеты значимо статистически связаны с вариациями изменений в ее Северном полушарии суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ МЮ. Подобным свойством связи между этими процессами обладают при условии, что они как совпадают, так и сдвинуты повремени.

2. Значения запаздывания межгодовых изменений ОСО в сентябре, октябре и ноябре по отношению к рассматриваемому процессу, при которых корреляция между ними является значимой, достигают соответственно 2, 4 и 6 месяцев. При этом изменения ОСО в ука-

занные значимо коррелированы с вариациями индекса ЭЦМ МЮ, которые опережают их на 18–27 месяцев.

3. Наличие высокой положительной корреляции между изменениями ОСО в области ОД, а также прилегающих к ней сегментах атмосферы над Южным полушарием, позволяет предполагать возможность применения результатов мониторинга индекса ЭЦМ МЮ, не только при моделировании, но и при ориентировочном прогнозировании изменений состояния ОД.

Литература

1. Моханокумар, К. Взаимодействие стратосферы и тропосферы [Текст] / К. Моханокумар; пер. с англ. Р. Ю. Лукьяновой; под ред. Г. В. Алексеева. – Москва: Физматлит, 2011. – 451 с.
2. Мирошниченко, Л. И. Солнечная активность и Земля [Текст] / Л. И. Мирошниченко. – М.: Наука, 1981. – 276 с.
3. База данных о состоянии озоносферы [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://woudc.org>
4. Sulby, M. L. Fundamentals of Atmospheric Physics [Text] / M. L. Sulby // New York: Academic Press, 1996. – 560 p.
5. McGuirk, J. P. A vacillation of atmospheric energy parameters [Text] / J. P. McGuirk, E. P. Reiter // Journal of the Atmospheric Sciences. – 1976. – Vol. 33, Issue 11. – P. 2079–2093. doi: 10.1175/1520-0469(1976)033<2079:aviaep>2.0.co;2
6. Мультиановский, Б. П. Основные положения синоптического метода долгосрочных прогнозов погоды [Текст] / Б. П. Мультиановский. – М.: Издательство ЦУ-ЕГМС, 1933. – 140 с.
7. Willett, H. C. Patterns of world weather changes [Text] / H. C. Willett // Transactions, American Geophysical Union. – 1948. – Vol. 29, Issue 6. – P. 803–805. doi: 10.1029/tr029i006p00803
8. Willett, H. C. Descriptive meteorology. [Text] / H. C. Willett // New York: Academic press, 1944. – 310 p.
9. Rossby, C. G. The circulation of the upper troposphere and lower stratosphere [Text] / C. G. Rossby, H. C. Willett // Science. – 1948. – Vol. 108, Issue 2815. – P. 643–652. doi: 10.1126/science.108.2815.643
10. Word, F. Meteorological periodicities [Text] / F. Word, R. Shapiro // Journal of Meteorology. – 1961. – Vol. 18, Issue 5. – P.635–656. doi: 10.1175/1520-0469(1961)018<0635:MP>2.0.CO;2
11. Кононова, Н. К. Особенности циркуляции атмосферы Северного полушария в конце XX – начале XXI века и их отражение в климате [Текст] / Н. К. Кононова // Сложные системы. – 2014. – № 2 (11). – С. 11–36.
12. 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.
13. Дзердиевский, Б. Л. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов [Текст] / Б. Л. Дзердиевский, В. М. Курганская, З. М. Витвицкая // Тр. Н.-и. учреждений Гл. упр. Гидрометеорол. Службы при Совете Министров СССР. Сер.2 Синоптическая метеорология. – 1946. – Вып. 21. – С. 80.
14. Гирс, А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов [Текст] / А. А. Гирс // Л. Гидрометеоздат, 1974. – 488 с.

15. 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, № 1. – С. 633–640.

16. Скворцов, А. В. Метод триангуляции Делоне и его применение [Текст] / А. В. Скворцов. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2002. – 128 с.

17. 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: <http://www.Atmospheric-circulation.ru>

References

1. Mohanokumar, K.; Alekseev, G. V. (Ed.) (2011). Vzaimodejstvie stratosfery i troposfery. Moscow: Fizmatlit, 451.
2. Miroshnichenko, L. I. (1981). Solnechnaja aktivnost' i Zemlja. Moscow: Nauka, 276.
3. Baza dannyh o sostojanii ozonosfery. Available at: <http://www.woudc.org>
4. Sulby, M. L. (1996). Fundamentals of Atmospheric Physics. New York: Academic Press, 560.
5. McGuirk, J. P., Reiter, E. P. (1976). A vacillation of atmospheric energy parameters. Journal of the Atmospheric Sciences, 33 (11), 2079–2093. doi: 10.1175/1520-0469(1976)033<2079:AVIAEP>2.0.CO;2
6. Mul'tanovskij, B. P. (1933). Osnovnye polozhenija sinopticheskogo metoda dolgosrochnyh prognozov pogody. Moscow: Izdatel'stvo CUEGMS, 140.
7. Willett, H. C. (1948). Patterns of world weather changes. Trans. AGU, 29 (6), 803. doi: 10.1029/tr029i006p00803
8. Willett, H. C. (1944). Descriptive meteorology. New York: Academic press, 310.
9. Rossby, C. G., Willett, H. C. (1948). The Circulation of the Upper Troposphere and Lower Stratosphere. Science, 108 (2815), 643–652. doi: 10.1126/science.108.2815.643
10. Word, F., Shapiro, R. (1961). Meteorological periodicities. J. Meteorol., 18, 635–656.
11. Kononova, N. K. (2014). Osobennosti cirkuljacii atmosfery Severnogo polusharija v konce XX – nachale XXI veka i ih otrazhenie v climate. Slozhnye sistemy, 2 (11), 11–36.
12. Vangejm, G. Ja. (1946). O kolebanijah atmosfernoj cirkuljacii nad Severnym polushariem. Izvestija AN SSSR. Ser. Geograf. i Geofiz, 5, 405–416.
13. Dzerdievskij, B. L., Kurganskaja, V. M., Vitivickaja, Z. M. (1946). Tipizacija cirkuljacionnyh mehanizmov v severnom polusharii i harakteristika sinopticheskix sezonov. Tr. N.-i. uchrezhdenij Gl. upr. Gidrometeorol. Sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR, 2, 80.
14. Girs, A. A. (1974). Makrocirkuljacionnyj metod dolgosrochnyh meteorologicheskix prognozov. Lviv: Gidrometeoizdat, 488.
15. Kononova, N. K. (2014). Cirkuljacija atmosfery v Evropejskom sektore severnogo polusharija v XXI veke i kolebanija temperatury v Krymu. Geopolitika i jekogeodinamika regionov, 10 (1), 633–640.
16. Skvorcov, A. V. (2002). Metod trianguljacii Delone i ego primenenie. Tomsk: Izd-vo Tomskogo gosudarstvennogo universiteta, 128.
17. Baza dannyh ob izmenenijah v 1899–2011gg. sum-marnyh prodolzhitel'nostej periodov, v techenie kotoryh JeCM razlichnyh grupp preobladali v severnom polusharii. Available at: <http://www.Atmospheric-circulation.ru>

Дата надходження рукопису 15.04.2015

Холопцев Александр Вадимович, профессор, доктор географических наук, заведующий кафедрой, кафедра Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков, 7-а, г. Севастополь, 99055, E-mail: kholoptsev@mail.ru

Никифорова Мария Павловна, кандидат географических наук, старший преподаватель, кафедра Судовождения и безопасности мореплавания, Севастопольская морская академия, ул. Рыбаков, 7-а, г. Севастополь, 99055, E-mail: maha.ukraine@gmail.com