

УДК911.2;551.513;551.513.7

А. В. ХОЛОПЦЕВ, д-р геогр. наук, проф., **М. П. НИКИФОРОВА**

Севастопольская морская академия
ул. Рыбаков, 5, г. Севастополь 99000
kholoptsev@mail.ru

АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ ЗЕМЛИ И АРКТИЧЕСКАЯ ОСЦИЛЛЯЦИЯ

Выявлены условия, при которых статистические связи межгодовых изменений суммарных продолжительностей периодов преобладания в Северном полушарии Земли Элементарных Циркуляционных Механизмов, относящихся по классификации Б. Л. Дзердиевского к группам Меридиональной Северной и Меридиональной Южной, с вариациями состояния Арктической осцилляции, являются значимыми. Показано, что происходящие в современном периоде изменения характеристик этих связей могут быть обусловлены изменениями распределения поверхностных температур Мирового океана.

Ключевые слова: элементарный циркуляционный механизм, Арктическая осцилляция, температура поверхности океана, межгодовые изменения

Холопец О. В., Никифорова М. П. АТМОСФЕРНА ЦИРКУЛЯЦІЯ В ПІВНІЧНІЙ ПІВКУЛІ ЗЕМЛІ ТА АРКТИЧНА ОСЦИЛЯЦІЯ

Виявлено умови, за яких статистичні зв'язки міжрічних змін сумарних тривалостей періодів переважання в Північній півкулі Землі Елементарних циркуляційних Механізмів, що відносяться за класифікацією Б. Л. Дзердієвського до груп Меридіональної Північної та меридіональної Південної, з варіаціями стану Арктичної осциляції, є значимими. Показано, що в сучасному періоді зміни характеристик цих зв'язків можуть бути обумовлені змінами розподілу поверхневих температур Світового океану.

Ключові слова: елементарний циркуляційний механізм, Арктична осциляція, температура поверхні океану, міжрічні зміни

Holoptsev O. V., Nikiforova M. P. ATMOSPHERIC CIRCULATION IN THE NORTHERN HEMISPHERE AND THE ARCTIC OSCILLATION

The conditions under which the statistical relationships interannual change in the total duration of the period prevalence in the northern hemisphere elementary circulation mechanisms regarding classification BL Dzerdievskogo groups meridional North and South meridional, with variations of the state of the Arctic oscillation, are significant. It is shown that in the contemporary period, changes in the characteristics of these connections may be due to changes in the distribution of surface temperature of the oceans.

Keywords: elementary circulation mechanisms, Arctic oscillation, the surface temperature of the ocean, interannual changes

Введение

Атмосферная циркуляция во многом обуславливает тепловой режим нашей планеты, а также распределение по ее поверхности атмосферных осадков, благодаря чему она является одним из важнейших факторов развития ландшафтной оболочки и всей климатической системы. Поэтому развитие представлений об особенностях влияния на нее различных природных процессов является актуальной проблемой не только метеорологи, но также физической географии, геофизики ландшафтов и биогеографии.

Наибольший интерес решение данной

проблемы представляет в отношении процессов, способных оказывать влияние на циркуляцию атмосферы в Северном полушарии нашей планеты, где проживает основная часть ее населения и размещается практически вся Мировая экономика. Одним из таких процессов является Арктическая осцилляция (далее АО) – квазипериодические изменения разности атмосферного давления между приполярными и умеренными широтами этого полушария.

Обзор литературы. Индекс АО является одним из глобальных климатических индексов, который характеризует несезонные вариации атмосферного давления в регионах Северного полушария, расположен-

ных к северу от его 20-й параллели, а также во многом определяет особенности происходящих в нем в зимние месяцы синоптических процессов. Его значение определяется как первая мода разложения на естественные ортогональные функции аномалий высоты поверхности 1000 гПа, а информация о нем представлена в [1].

В фазе АО, при которой атмосферное давление над Арктикой понижено, приток в нее из Атлантики теплой воды увеличивается, средние поверхностные температуры (далее ТПО) ее акватории возрастают, а абсолютная влажность арктического воздуха повышается. Поэтому в периоды времени, когда подобные фазы АО преобладают, в северной Европе и многих других регионах Северного полушария происходит потепление и увлажнение климата. В периоды доминирования противоположных фаз данного процесса климатические условия во многих регионах Северного полушария становятся более суровыми [2]. Изучение закономерностей, обуславливающих изменения состояния атмосферной циркуляции, является одной из главных научных проблем физики атмосферы и синоптики. Решению данной проблемы посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов.

Установлено, что непосредственной причиной изменений атмосферной циркуляции являются вариации атмосферного давления над различными участками земной поверхности. Наиболее мощным процессом, способным генерировать подобные барические «сигналы», является взаимодействие Мирового океана и атмосферы. В процессе этого взаимодействия с поверхностей океанических акваторий в атмосферу поступают потоки тепла и водяного пара, которые и порождают соответствующие неоднородности барического поля. Так как вариации ТПО разных участков поверхности таких акваторий осуществляются по разным законам, соотношения между этими потоками непрерывно изменяются, что и порождает изменчивость в поле атмосферного давления. При этом количество квазистойчивых состояний, в которых может находиться атмосферная циркуляция, может быть фиксированным [3 – 5].

Выявлено подобие некоторых особенностей межгодовых изменений состояний АО, а также Североатлантического колебания [6], что позволяет рассматривать эти процессы как главные факторы межгодовой и долгопериодной изменчивости циркуляции внетропической тропосферы и стратосферы над Арктикой. Показано, что особенности АО в период с конца 60-х годов XX в., существенно отличаются от имевших место в его первой половине [7]. В северных частях Тихого и Атлантического океанов Е. А. Жадиным определены области, где межгодовые изменения ТПО в некоторые месяцы значимо положительно и отрицательно коррелированы с вариациями АО, и действуют на поле атмосферного давления как дипольные структуры. Это позволило ему выдвинуть гипотезу, согласно которой причиной возбуждения АО могут быть воздействия на атмосферу подобных структур, обусловленные изменениями распределения ТПО в указанных океанических регионах [8].

Ныне мониторинг изменчивости атмосферного давления осуществляется отнюдь не повсеместно, вследствие чего многие барические «сигналы» являются ненаблюдаемыми, а закономерности изменений состояния АО изучены недостаточно. Поэтому при моделировании подобных изменений приходится допускать, что них присутствует весьма мощная случайная составляющая.

Впервые предположил возможность типизации синоптических процессов в 1915 г. Б. П. Мультановский. Им впервые предложено рассматривать систему воздушных течений и распределения атмосферного давления на пространстве естественного синоптического района, которая в основном сохраняется на протяжении 3 – 4 суток, как «элементарный синоптический процесс». Показано, что подобные процессы группируются в «естественные синоптические периоды», которые сменяются квазициклично [9]. В 1944 г. Х. Виллетт [10, 11] и К. Г. Россби [12] установили, что квазициклическая смена различных типов атмосферной циркуляции происходит не только в естественных синоптических районах, но и во всей атмосфере нашей планеты. Обнару-

женное метеорологическое явление получило название «цикл индекса». По оценкам Х. Виллетта и К. Г. Россби средняя продолжительность цикла индекса составляет 3 – 4 недели. При этом в южном полушарии типичное значение его продолжительности 18 – 23 суток, а в северном полушарии 20 – 26 суток [13]. Основой современных представлений о межгодовой и сезонной изменчивости преобладающих типов макроциркуляционных процессов в Северном полушарии Земли являются работы Г. Я. Вангейма [14], Б. Л. Дзердиевского [15] и А. А. Гирса [16].

В результате анализа ежедневных синоптических карт для Северного полушария за 1936 – 1946 гг. Б.Л. Дзердиевским, а также его ученицами В. М. Курганской и З. М. Витвицкой, предложена схема типизации этих процессов, которая основана на учете перемещений циклонов и антициклонов во внетропических широтах. Ими выделен 41 вид макроциркуляционных процессов Северного полушария, которые различаются направлением и количеством арктических блокингов, а также выходов южных циклонов. Соответствующие этим видам системы воздушных течений во всем Северном полушарии Земли получили название элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ).

Каждый ЭЦМ обладает устойчивостью на протяжении в среднем 4 – 6 суток и обеспечивает в это время происходящий в данном полушарии воздухообмен и теплообмен. Смена ЭЦМ происходит практически скачкообразно. Среди выявленных видов ЭЦМ выделены их 13 типов, которые различаются наличием или отсутствием блокирующих процессов и их направлениями. В зависимости от количества блокирующих процессов упомянутые типы ЭЦМ объединены в 4 группы циркуляции: зональной (З), нарушения зональности (НЗ), меридиональной северной (МС) и меридиональной южной (МЮ).

К группе З, отнесены типы ЭЦМ 1 и 2, при которых над Арктикой атмосферное давление повышено, блокирующие процессы отсутствуют, отмечаются одновременные выходы южных циклонов в двух - трех секторах полушария. В группу НЗ вошли типы ЭЦМ 3 – 7, для которых характерно

расположение антициклона в районе Северного полюса, а также наличие одного арктического блокинга и до трех выходов южных циклонов. Группа МС объединила типы ЭЦМ 8 – 12, при которых атмосферное давление в районе Северного полюса также повышено, но блокирующих процессов происходят 2 – 4. При этом также наблюдается 2 – 4 выхода южных циклонов. В группу МЮ включен тип 13 ЭЦМ, при котором над Арктикой располагается область пониженного атмосферного давления, происходит развитие циклонической деятельности на арктическом фронте, а также наблюдается вхождение из низких широт в высокие 3 – 4 циклонов, которые увлекают за собой теплый и влажный воздух. ЭЦМ, относящиеся к данной группе МЮ, чаще наблюдаются летом. При этом выходы южных циклонов происходит четыре, а атмосферное давление над материками понижено. В период их возникновения зимой наблюдается три выхода южных циклонов, а атмосферное давление над материками повышено.

Изменения указанных характеристик атмосферной циркуляции в Северном полушарии Земли в период с 1899 г. изучены в [17]. Показано, что ЭЦМ, входящие в группу З, преобладали здесь в начале XX в. В его 20 – 40-е годы в данном полушарии господствовали ЭЦМ, относящиеся к группе НЗ. Приблизительно с середины 50-х годов, в Северном полушарии доминируют ЭЦМ, которые входят в группу МЮ. При этом оцененные за год суммарные продолжительности периодов преобладания ЭЦМ НЗ и З снижаются. В XXI в. суммарные продолжительности за год периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам НЗ и МЮ, уменьшаются, а для ЭЦМ группы З они практически равны нулю. При этом значения данной характеристики для ЭЦМ группы МС возрастают.

Несмотря на то, что изучению закономерностей, которые вызывают смену ЭЦМ в Северном полушарии нашей планеты, а также изменения суммарных продолжительностей периодов преобладания различных их групп посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов, конкретные природные механизмы, порож-

дающих эти явления, до сих пор не установлены [18]. Принято считать, что одним из них является взаимодействие океана и атмосферы [2, 19]. Тем не менее, особенно влиятельно на атмосферную циркуляцию вариаций ТПО различных районов Мирового океана не выявлены.

Как видим, современные представления о связях атмосферной циркуляции, а также АО, с вариациями ТПО различных районов Мирового океана, позволяют выдвинуть следующие гипотезы.

1. Между изменениями суммарных продолжительностей периодов преобладания в Северном полушарии ЭЦМ, относящихся к тем или иным группам и вариациями состояния АО в некоторые месяцы существуют значимые статистические связи.

2. В Мировом океане существуют районы, в которых вариации их ТПО способны значимо влиять на изменения как суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к той или иной группе, так и состоянию АО.

Постановка задач. Ныне мониторинг изменчивости поля атмосферного давления в Северном полушарии Земли осуществляется многими его метеорологическими обсерваториями, а оцененные по его результатам значения индекса АО за каждый месяц представлены в [1]. Систематически ведутся также наблюдения за изменениями ТПО многих акваторий Мирового океана, а полученные при этом временные ряды аномалий среднемесячных значений данной характеристики представлены в [20]. Информация об изменениях оцененных за тот или иной месяц суммарных продолжительностей периодов преобладания в Северном полушарии Земли ЭЦМ, относящихся к той или иной группе, представлена в [21]. Несмотря на это особенности статистических связей между этими процессами ныне изучены недостаточно. В том числе ранее не проверялась адекватность выдвинутых гипотез. Это не позволяет использовать результаты мониторинга индекса АО, а также

ТПО океанических районов, где их вариации значимо влияют на изменения суммарных продолжительностей периодов преобладания в Северном полушарии Земли ЭЦМ, относящихся к тем или иным группам, при моделировании и прогнозировании подобных изменений.

Учитывая изложенное, объектом исследования в данной работе являются межгодовые изменения соответствующих различным месяцам суммарных продолжительностей периодов преобладания в земной атмосфере ЭЦМ, относящихся к группам МЮ, МС и НЗ, ТПО различных районов Мирового океана, а также вариации индекса АО.

Предметом исследования являются статистические связи межгодовых изменений суммарных продолжительностей периодов преобладания в земной атмосфере ЭЦМ, относящихся к различным группам, а также вариаций индекса АО, соответствующих различным месяцам.

Целью работы является проверка адекватности выдвинутых гипотез, а также выявление условий, при которых статистические связи между рассматриваемыми процессами являются наиболее сильными.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

- определение условий, при которых связи между вариациями индекса АО, а также изменениями суммарных продолжительностей в том или ином месяце периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МЮ, МС и НЗ, являются наиболее сильными;

- выявление районов Мирового океана, в которых межгодовые вариации их ТПО значимо статистически связаны с совпадающими по времени изменениями суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к изучаемым группам, а также с изменениями индекса АО.

Методика исследований и фактический материал

Как известно, количественной мерой силы статистической связи между реализациями двух стационарных случайных про-

цессов является значение коэффициента их парной корреляции [22]. Достоверность статистического вывода о значимости связи

между ними может быть определена с использованием критерия Стьюдента [23].

Стационарность процессов, изучаемых в данной работе, не доказана. Более того, особенности этих процессов позволяют допускать их нестационарность. По указанной причине упомянутый подход применим лишь для качественной оценки силы связи как между ними. Тем не менее, он позволяет решить поставленные задачи. Поэтому, в данной работе как качественная характеристика силы связи рассматриваемых процессов использовано соответствующее значение коэффициента парной корреляции рассматриваемых фрагментов их временных рядов, а при решении указанных задач использован метод корреляционного анализа [22]. Принималось, что сила связи между такими фрагментами временных рядов является значимой, если значение указанной характеристики превышает уровень 95% порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента, который рассчитан для реализаций стационарных процессов с таким же числом степеней свободы.

При решении первой задачи, с использованием указанного метода, для групп ЭЦМ МЮ, НЗ и МС, и каждого месяца оценены значения временного сдвига δ между изменениями суммарной продолжительности периода ее преобладания (следствие), а также вариациями индекса АО (причина), при которых сила статистической связи между ними является максимальной. Кроме того аналогичным образом определена оптимальная длина сопоставляемых фрагментов временных рядов рассматриваемых процессов, при которых отношение максимального значения коэффициента их корреляции к уровню 95% порога является наибольшим. Для каждого месяца изучена также зависимость силы связи между фрагментами изучаемых процессов, обладающими оптимальной длиной, от года их начала.

Вторая задача решается в два этапа. На первом этапе, для каждого такого месяца определены расположения океанических акваторий, где межгодовые изменения суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МЮ, НЗ и МС, либо индекса АО значимо коррелированы с вариациями их ТПО.

При оценке силы связи между рассматриваемыми процессами анализировались фрагменты их временных рядов оптимальной длины, выявленной в ходе решения первой задачи. На втором этапе для каждого месяца выявлялись океанические районы, где изменения их ТПО значимо влияют и на межгодовые вариации индекса АО, и на изменения суммарной продолжительности периодов преобладания тех же групп ЭЦМ. При этом как характеристика значимости в некотором месяце изменений ТПО в некотором районе, рассматривалось значение произведения коэффициента их корреляции с вариациями индекса АО, на коэффициент их корреляции с вариациями суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ, относящейся к некоторой группе.

Значимость изменений ТПО в некотором районе признавалась существенной, если значение указанной характеристики превышало по модулю уровень, соответствующий квадрату 95% порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента для изучаемых фрагментов временных рядов. Границы областей, которые включают все выявленные для некоторого месяца подобные районы, нанесены на контурные карты соответствующих океанов с использованием метода триангуляции Делоне [24].

В ходе подобных исследований как фактический материал использованы соответствующие каждому месяцу временные ряды суммарных продолжительностей ЭЦМ, относящихся к группам МЮ, НЗ и МС, которые получены из [21]. Упомянутые временные ряды, сформированы по методике Б. Л. Дзердиевского и соответствуют периоду 1899 – 2013 гг. Как фактический материал об изменениях среднемесячных значений индекса АО, использованы соответствующие каждому месяцу временные ряды, представленные в [1]. Указанные ряды соответствуют периоду, начинающемуся с января 1950 г. Как фактический материал об изменениях ТПО различных районов Мирового океана использованы результаты реанализа среднемесячных значений их аномалий, временные ряды которых, представлены в [20]. При этом учитывались океанические районы, размерами $5^\circ \times 5^\circ$, в которых в период с января 1950 г. пропуски данных отсутствуют.

Результаты исследования и их анализ

В процессе решения первой задачи, установлено, что в любые месяцы наиболее сильной статистической связью межгодовых вариаций индекса АО с изменениями суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МЮ и МС, при условии, что временной сдвиг между изучаемыми их временными рядами равен нулю. При этом в некоторые месяцы значения коэффициента парной корреляции данных процессов ощутимо превышают по модулю уровень 99% порога достоверной корреляции по критерию Стьюдента. Столь же значимых связей рассматриваемого фактора с изменениями суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группе НЗ не выявлено. При любых временных сдвигах между ними, а также в любые ме-

сяцы значения отношения коэффициента корреляции этих процессов к тому же порогу не превышают по модулю 1.

Максимальные значения отношений к уровню 95% порога по критерию Стьюдента, коэффициентов парной корреляции межгодовых вариаций индекса АО, с изменениями суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МЮ и МС (α), а также соответствующие им оптимальные длины (L) фрагментов их временных рядов и годы их начала (T), приведены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что в любые месяцы корреляция межгодовых вариаций индекса АО с изменениями суммарной продолжительности периодов преобладания в Северном полушарии ЭЦМ, относящихся к группе МЮ, положительна, а для ЭЦМ группы МС

Таблица 1

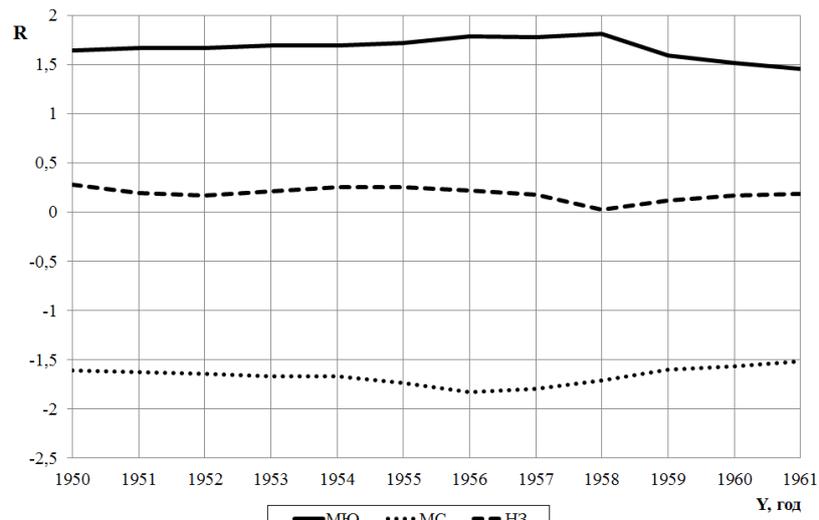
Максимальные значения характеристик связей изучаемых процессов при нулевом сдвиге между ними, а также условия (α , L, T), при которых они достигаются

Месяц	ЭЦМ МЮ			ЭЦМ МС		
	α	L	T	α	L	T
Январь	1,81	52	1958	-1,83	52	1956
Февраль	1,49	51	1955	-1,27	51	1952
Март	1,66	51	1962	-1,23	52	1950
Апрель	1,41	52	1958	-1,73	52	1958
Май	1,99	49	1964	-1,49	51	1950
Июнь	1,63	49	1963	-2,25	50	1962
Июль	1,50	49	1964	-1,05	50	1963
Август	2,28	50	1953	-1,76	50	1950
Сентябрь	1,30	48	1956	-1,37	52	1951
Октябрь	1,66	50	1963	-2,14	51	1956
Ноябрь	1,99	52	1952	-1,95	52	1952
декабрь	1,45	48	1952	-1,37	50	1951

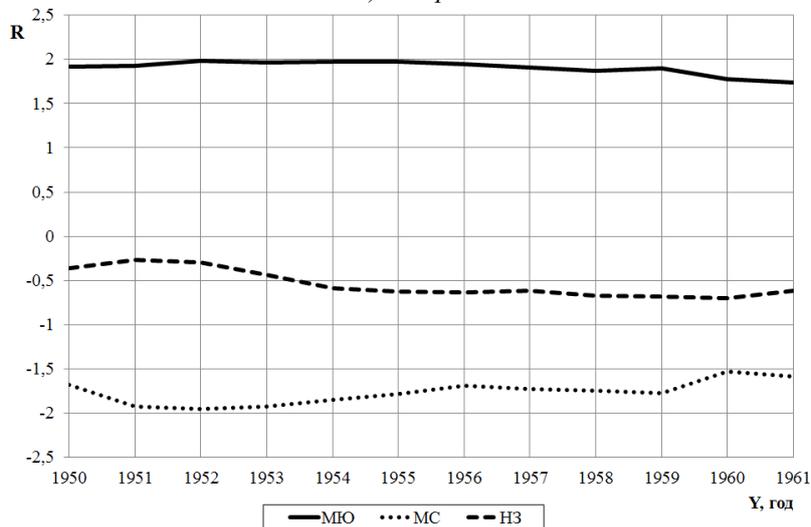
она отрицательна (что соответствует современным представлениям о сущности изучаемых процессов). При этом статистические связи межгодовых вариаций индекса АО с изменениями суммарной продолжительности периодов преобладания в Северном полушарии ЭЦМ, относящихся к группе МЮ, обладают наибольшей силой в августе, мае, ноябре и январе. Статистические связи тех же вариаций с межгодовыми изменениями аналогичной характеристики ЭЦМ, входящих в группу МС, наиболее сильны в июне, октябре, ноябре и январе. Из данной табли-

цы также следует, что зависимости от года начала сопоставляемых фрагментов изучаемых процессов для разных месяцев могут существенно различаться. Об адекватности этого предположения свидетельствуют упомянутые зависимости для января, ноября и августа, представленные на рис. 1.

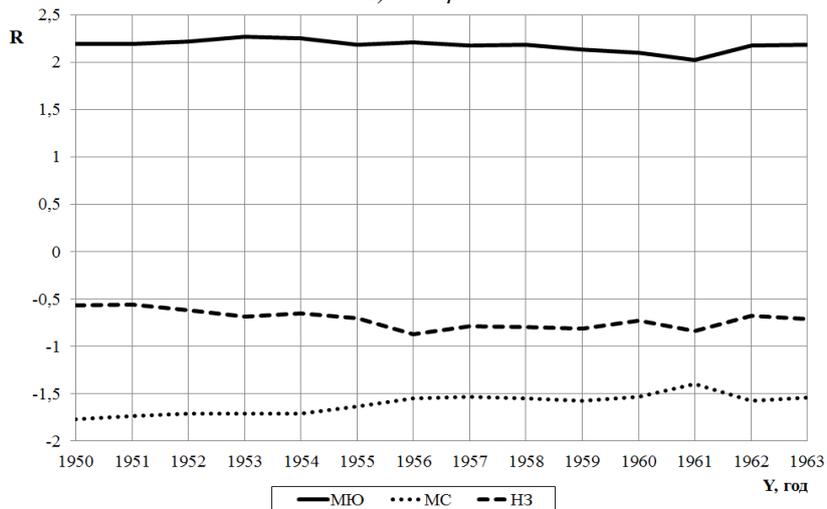
Как видим из рис. 1, для статистических связей вариаций индекса АО с изменениями суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МЮ, в любые месяцы свойственна тенденция к их ослаблению. Для связей того



А) январь



Б) ноябрь



В) август

Рис. 1 – Зависимости от года начала сопоставляемых фрагментов оптимальной длины временных рядов индекса АО, а также суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МЮ, МС и НЗ, значений коэффициента их корреляции

же фактора с изменениями суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МС в зимние месяцы свойственна та же тенденция, а в летние месяцы в период после 1961 г. они усиливаются. При этом при моделировании и прогнозировании изменений состояния обоих процессов в любые месяцы учитывать прогнозы совпадающих с ними по времени вариаций состояния АО представляется целесообразным.

Из рисунка 1 также следует, что связи межгодовых вариаций АО с изменениями суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группе НЗ, оцененные на фрагментах их временных рядов оптимальной длины, начинающихся в любые годы после 1950 г., значимыми не являлись. При решении второй задачи установлено, что значительные по площади акватории, на которых межгодовые вариации их ТПО в современный период значимо статистически связаны с изменениями индекса АО, а также суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МЮ и МС, в любые месяцы существуют в Тихом, Атлантическом и Индийском океане.

В качестве примера, на рис. 2 приведены расположения акваторий Тихого океана, на которых в ноябре вариации их ТПО в периоды 1952 – 2003 гг. и 1960 – 2011 гг. были значимо статистически связаны с изменениями как индекса АО, так и суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группам МЮ.

Как видно из рис. 2, районы, в которых межгодовые вариации их ТПО в ноябре в оба сопоставляемых периода были значимо связаны как с совпадающими по времени изменениями индекса АО, так и суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группе МЮ, расположены не только в северной части Тихого океана. Немало их и в его южной части.

Таким образом, установлено, что статистические связи межгодовых изменений суммарных продолжительностей периодов преобладания в Северной полушарии ЭЦМ, которые относятся к группам МЮ и МС, а также совпадающих с ними по времени ва-

При этом суммарное количество изучаемых районов в период 1952 – 2003 гг., в полтора раза больше, чем в период 1961 – 2012 гг. Как показали аналогичные исследования, количество подобных районов данного океана ныне монотонно убывает. Это является причиной выявленного уменьшения значимости статистической связи между изучаемыми процессами.

Аналогичная особенность характерна зависимостям коэффициента корреляции изменений суммарной продолжительности периодов преобладания в Северной полушарии ЭЦМ МЮ, а также межгодовых вариаций ТПО Атлантического и Индийского океана в ноябре, от года начала сопоставляемых фрагментов их временных рядов. Для других месяцев установлено, что общее количество океанических районов, где вариации их ТПО значимо связаны с рассматриваемым процессом, тем меньше, чем больше модуль разности года начала их фрагментов, от значения, приведенного в табл. 1.

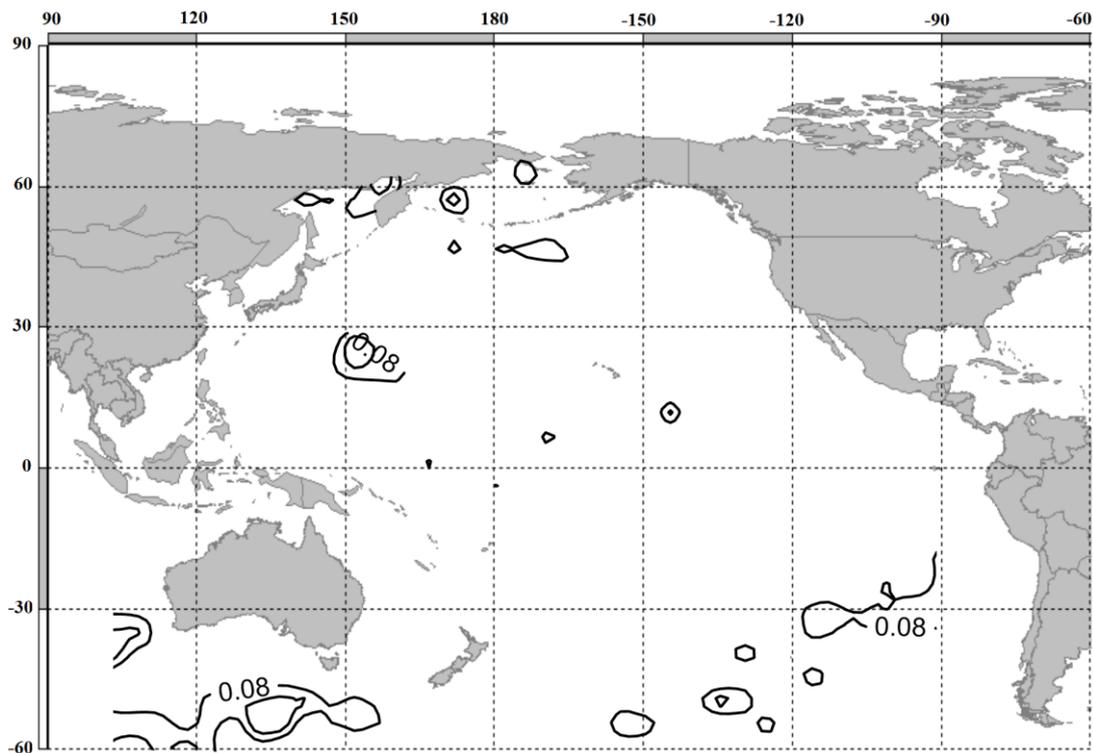
Такими же являются особенности изменения статистических связей вариаций ТПО районов различных океанов с изменениями как индекса АО, так и суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группе МС. Как пример этого, на рис. 3 показаны районы Тихого океана, для которых вариации их ТПО в ноябре, в периоды 1952 – 2003 гг. и 1960 – 2011 гг. были значимо статистически связаны с упомянутыми процессами.

Из рис.3 также видно, что суммарная площадь рассматриваемых районов в период 1960-2011 гг. значительно больше, чем в период 1952-2003 гг.. Это указывает на происходящее в современный период усиление связи между рассматриваемыми процессами и позволяет предполагать развитие данной тенденции также в ближайшем будущем.

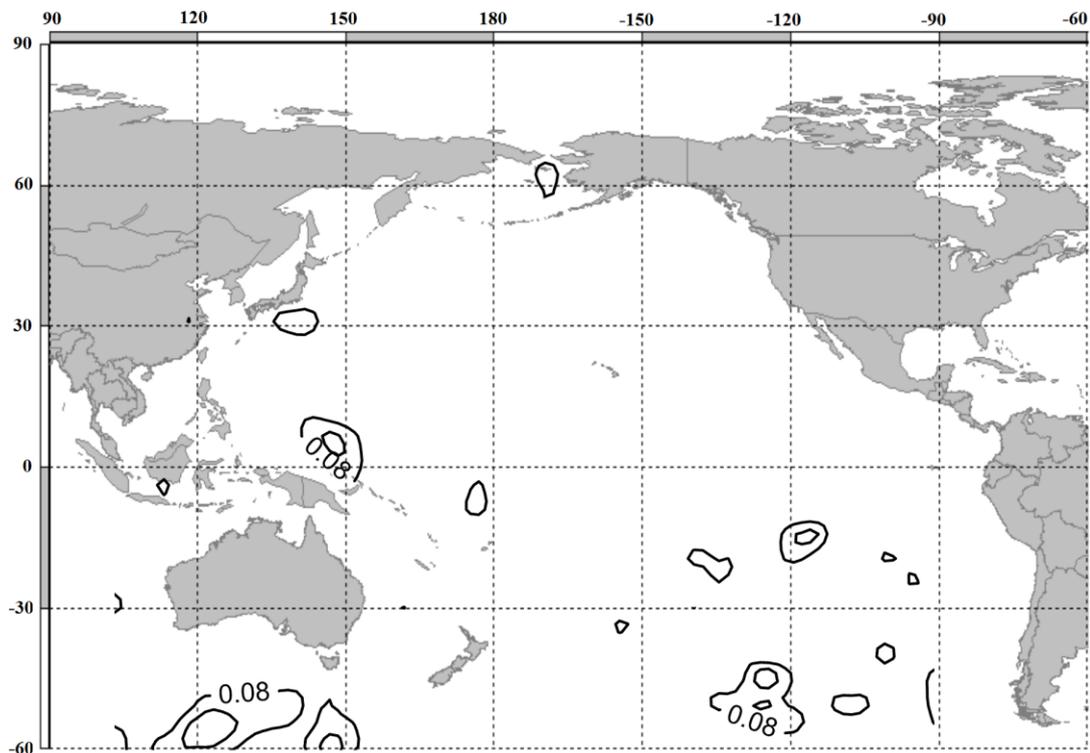
Выводы

риаций индекса АО действительно могут быть значимым в любые месяцы.

Подобное всегда имеет место при условии, что длины фрагментов временных рядов рассматриваемых процессов и годы их начала совпадают со значениями, приведенными в табл. 1.

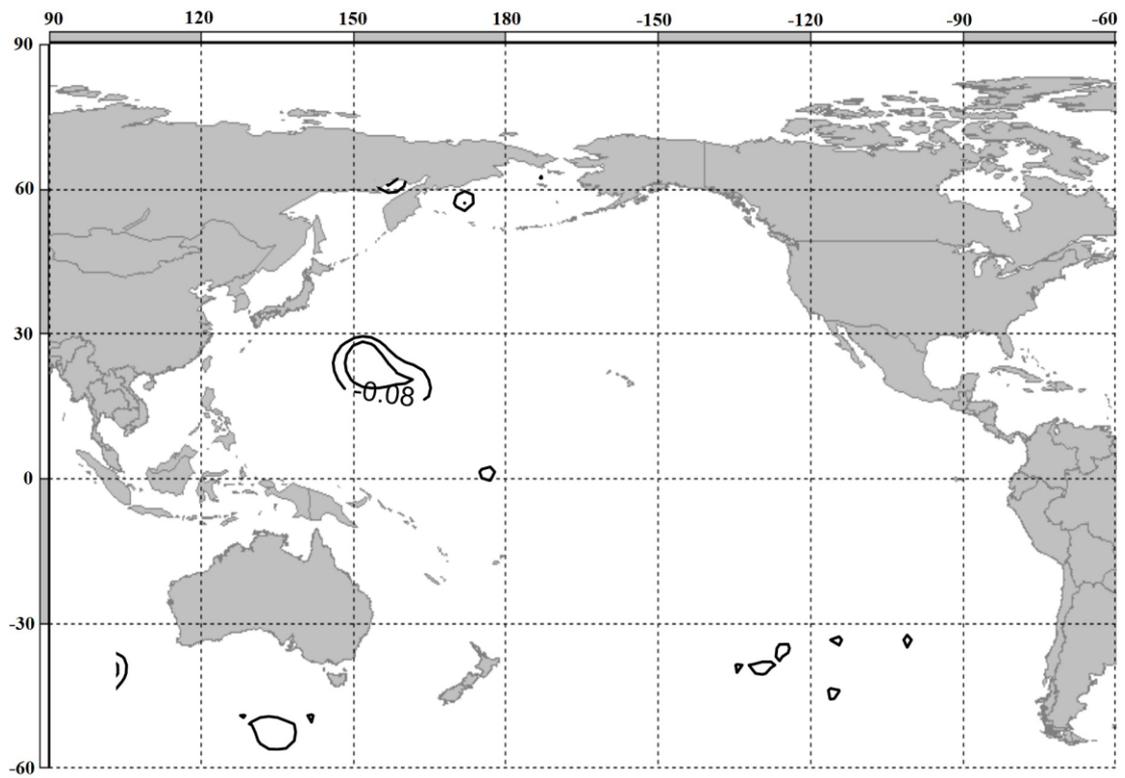


А) 1952 – 2003 гг

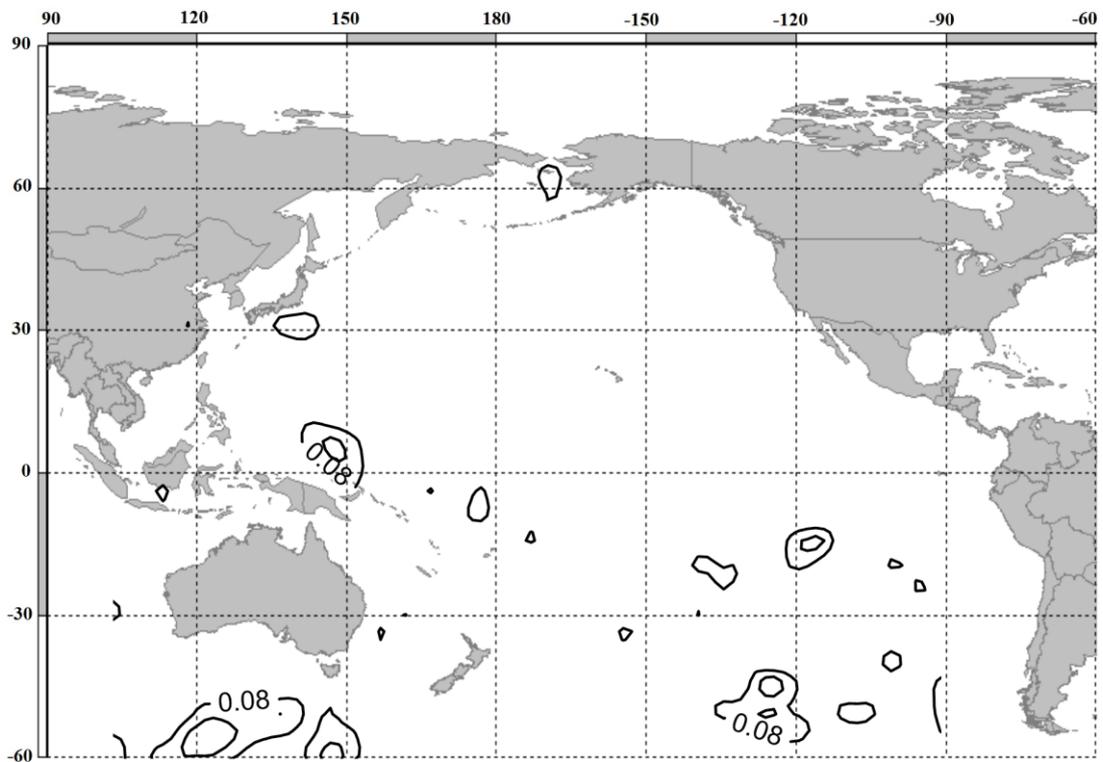


Б) 1960 – 2011 гг

Рис 2 – Районы Тихого океана, где межгодовые вариации их ТПО в ноябре были значимо связаны как с совпадающими по времени изменениями индекса АО, так и суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группе МЮ



А) 1952 – 2003 гг



Б) 1960 – 2011 гг

Рис 3 – Районы Тихого океана, где межгодовые вариации их ТПО в ноябре были значимо связаны с изменениями, как индекса АО, так и суммарных продолжительностей периодов преобладания ЭЦМ, относящихся к группе МС

В Тихом, Атлантическом и Индийском океане существуют районы, расположенные не только в Северном, но и в Южном полушарии, в которых межгодовые изменения ТПО, для любого месяца, значимо коррелированы с вариациями как суммарных продолжительностей периодов преобладания в Северном полушарии ЭЦМ МЮ и МС, так и значений индекса АО. Для

ЭЦМ относящихся к группе НЗ подобных связей не обнаружено.

Выявленные особенности вариаций характеристик статистических связей между рассматриваемыми процессами позволяют предположить, что их причинами являются перемены состояния процессов, обуславливающих пространственно-временную изменчивость ТПО Мирового океана.

Литература

1. База данных Центра прогноза климата национальной администрации по океану и атмосфере (National Oceanic and Atmospheric Administration's – NOAA) - <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>
2. Матвеев Л. А. Теория атмосферной циркуляции и климата Земли [Текст] / Л. А. Матвеев–Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 291с.
3. Монин А. С. Введение в теорию климата / А. С. Монин. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 247 с.
4. Гилл А. Динамика атмосферы и океана в 2-х томах / Пер. с англ. В.Э. Рябинина, А. И. Филатова, под ред. Г. П. Курбаткина. // М.: Мир, 1986. – т.1 – 396 с., т.2 – 415 с.
5. Каган Б. А. Взаимодействие океана и атмосферы / С.-Пб: Гидрометеиздат, 1992. – 333 с.
6. Нестеров Е. С. Североатлантическое колебание: атмосфера и океан / Е. С. Нестеров. –М.: Триада, 2013. — 144 с.
7. Thompson D. W. J.: The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. / D. W. J. Thompson, J. M. Wallace // *Geophys. Res. Lett.* – 1998. – 25, No. 9. – P. 1297–1300
8. Жадин Е. А. Арктическое колебание и межгодовые вариации температуры поверхности Атлантического и Тихого океанов / Е. А. Жадин. // *Метеорология и Гидрология.* – 2001. – №8. – С. 28–40
9. Мультиановский Б. П. Основные положения синоптического метода долгосрочных прогнозов погоды / М.: Издательство ЦУЕГМС, 1933. – 140 с.
10. Willett H. C. Patterns of world weather changes // *Trans. Amer. Geophys. Union*, 1948. – 29. – No 6. – p. 803–805
11. Willett H. C. *Descriptive meteorology* / New York: Academic press, 1944. – 310 p.
12. Rossby C. G., Willett H. C. The circulation of the upper troposphere and lower stratosphere // *Science*, 1948. – 108. – No 2815. – p. 643–652
13. Kononova N. K. Peculiarities of atmospheric circulation of Northern hemisphere during end XX – beginning XXI centuries and its reflection in climate // *Complex systems.* – 2014. – No.2 (11). – pp. 11–36
14. 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
15. Дзердиевский Б. Л. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов. [Текст] / Б. Л.Дзердиевский, В. М.Курганская, З. М. Витивицкая. // Тр. Н.-и. учреждений Гл. упр. Гидрометеорол. Службы при Совете Министров СССР. Сер.2 Синоптическая метеорология; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. М., Л.: Гидрометеиздат, 1946. – 80 с.
16. Гирс А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов [Текст] / А. А. Гирс–Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 488 с.
17. 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.* – Том 10. – Вып. 1. – С. 633–640
18. 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
19. *Climate Change 2007 –Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to Assesment Report Four of the Intergovernmental Planes of Cimate Change (IPCC).* Cambridge University Press. – Cambridge. UK. – 2007. – 973p.
20. База данных об изменениях за весь период наблюдений аномалий ТПО различных районов Мирового океана, ограниченных квадратами координатной сетки 5x5 градусов: <http://wxweb.meteostar.com/SST/index.shtml?point=730>
21. База данных об изменениях в 1899 – 2011 гг. суммарных продолжительностей периодов, в течение которых ЭЦМ различных групп преобладали в северном полушарии: www.Atmospheric-circulation.ru
22. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. 10-е издание, стереотипное / В. Е.Гмурман. – М.: Высшая школа, 2004. – 479 с.
23. Закс Ш. Теория статистических выводов / Ш. Закс. –М.: Мир, 1975. – 776 с.
24. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А. В. Скворцов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. — 128 с. Надійшла 24.05. 2015

