

УДК911.2; 551.513; 523.98
DOI: 10.15587/2313-8416.2015.40444

СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПОВТОРЯЕМОСТЬ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ МЕРИДИОНАЛЬНОГО ЮЖНОГО ТИПА

© А. В. Холопцев, М. П. Никифорова

Показано, что вариации солнечной активности наиболее сильно статистически связаны с межгодовыми изменениями повторяемости в Северном полушарии Земли элементарных циркуляционных механизмов, относящихся к группе Меридиональных Южных в июне. В 1955–2012 гг. сила связи между этими процессами устойчиво возрастала, что позволяет предполагать вероятность резкого ее уменьшения в ближайшие годы малой

Ключевые слова: солнечная активность, атмосферная циркуляция, температура поверхности океана, общее содержание озона

Sun activity variations have the strongest statistical connection with interannual changes of repetition in Northern hemisphere of elementary circulation mechanisms associated to Meridional southern group in June, is shown. During 1955–2012 years connection strength between these processes stably increased. This allows to assume, that possibility of its sharp decrease within the next few years is low

Keywords: sun activity, atmospheric circulation, sea surface temperature, total ozone amount

1. Введение

В периоды преобладания в земной атмосфере структур циркуляционных процессов в земной атмосфере, относящихся к группе Меридиональная Южная (далее МЮ), в высокие широты Северного полушария наиболее активно проникают теплые воздушные массы из его низких широт. Это приводит во многих его регионах не только к потеплению, но и к повышению интенсивности увлажнения их территории атмосферными осадками. Поэтому изменения повторяемости в Северном полушарии Земли структур атмосферной циркуляции указанного типа существенно влияют на состояние ландшафтных комплексов многих его регионов, а изучение особенностей влияния на них различных природных факторов является актуальной проблемой физической географии и биогеографии.

Наибольший интерес решение рассматриваемой проблемы представляет в отношении факторов, которые являются глобальными и в той или иной мере проявляются во всех регионах нашей планеты. Одним из таких факторов является солнечная активность, ощутимо влияющая на характеристики многих процессов в живой и неживой природе [1]. Тем не менее, особенности ее влияния на изменения повторяемости структур атмосферной циркуляции рассматриваемого типа ранее не исследовались.

2. Обзор литературы

Закономерности солнечной активности, а также механизмы ее влияния на нашу планету ныне изучены недостаточно. Установлено, что к числу важнейших проявлений этого процесса относятся изменения потоков коротковолновых составляющих спектра солнечной радиации, которые поглощаются в земной атмосфере озоном, а также интенсивности ионизации молекул воздуха в верхних слоях тропосферы космическими лучами [2, 3].

Поглощение упомянутых составляющих солнечной радиации происходит преимущественно в

стратосфере. Вместе с тем ощутимые изменения потоков тепла, поступающих из стратосферы в тропосферу, возникают лишь в тех ее сегментах, где изменения общего содержания озона (ОСО) и солнечной активности происходят синхронно и однонаправлено. Эти изменения приводят к вариациям температуры воздуха в верхних слоях соответствующих сегментов тропосферы, что влияет на среднюю оптическую плотность облаков верхнего яруса [4].

Вызванная космическими лучами ионизация воздуха является одним из факторов образования в тропосфере атмосферных ядер конденсации, участвующих в формировании ее облачности. Изменения ее интенсивности, обусловленные форбуш-эффектом [5], являются еще одной причиной вариаций средней оптической плотности облаков в упомянутых выше сегментах атмосферы, которые происходят в противофазе с солнечной активностью. В результате этого межгодовые изменения потоков суммарной солнечной радиации, поглощаемой многими участками земной поверхности, значимо и положительно коррелированы с солнечной активностью, что объясняет механизм влияния солнечной активности на вариации температуры воздуха и атмосферного давления в некоторых регионах мира, которое впервые было выявлено [6].

Так как 71 % земной поверхности покрыто водами Мирового океана, представляется вероятным, что рассматриваемое явление способно влиять на межгодовые изменения средних поверхностных температур (ТПО) некоторых его акваторий. Могут существовать и акватории, для которых изменения их ТПО, обусловленные другими причинами, на некоторых отрезках времени могут совпадать по фазе с вариациями солнечной активности. В последнем случае потоки тепла, воздействующие однонаправлено и синхронно на соответствующий сегмент тропосферы как сверху, так и снизу, способны вызывать в нем наиболее сильные изменения атмосферного давления, ощутимо влияющие на атмосферную циркуляцию.

Последнее позволяет предположить, что существуют месяцы, в которые солнечная активность может быть значимо статистически связана с межгодовыми изменениями повторяемости структур атмосферной циркуляции в Северном полушарии Земли, относящихся к группе МЮ.

Основой современных представлений об изменениях структуры атмосферной циркуляции в Северном полушарии Земли являются работы Г. Я. Вангейма [7], Б. Л. Дзердиевского [8] и А. А. Гирса [9]. В них показано, что среди всего многообразия структур атмосферной циркуляции могут быть выявлены их виды (элементарные циркуляционные механизмы – ЭЦМ), обладающие подобием, которые могут быть отнесены к той или иной группе. Одной из таких групп является и рассматриваемая (МЮ).

К данной группе относятся ЭЦМ, при которых над северным полюсом нашей планеты располагается циклон, блокирующие процессы в полушарии отсутствуют, но наблюдаются три – четыре выхода южных циклонов.

Характеристикой повторяемости в Северном полушарии ЭЦМ той или иной группы может служить суммарная продолжительность их доминирования, вычисленная за тот или иной месяц, либо год.

Установлено, что ЭЦМ, принадлежащие к группе МЮ, в данном полушарии господствовали с 1957 г. по 2001 г., что привело к существенному повышению во многих его регионах средних температур зимнего сезона. В современном периоде значения суммарной продолжительности периодов преобладания в нем ЭЦМ МЮ снижаются. Последнее может являться существенным фактором, противодействующим потеплению климата многих его регионов, обусловленному увеличению содержания в атмосфере парниковых газов [10].

Внутригодовые изменения современных тенденций повторяемости ЭЦМ тех или иных групп, оцененных за месяц, ранее не рассматривались, хотя они влияют на особенности развития синоптических процессов в Северном полушарии весьма ощутимо.

Изучению закономерностей, вызывающих изменения структуры атмосферной циркуляции, посвящены работы многих отечественных и зарубежных авторов, результаты которых наиболее полно отображены и обобщены в работах [11–13]. Из них следует, что, несмотря на то, что количественные теории, описывающие рассматриваемый процесс, ныне разработаны недостаточно, выявленные факты позволяют утверждать, что к числу наиболее мощных факторов, способных вызывать изменения повторяемости различных типов ЭЦМ, относится взаимодействие атмосферы и Мирового океана [11].

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. Потоки тепла и водяного пара, поступающие в атмосферу с того или иного участка водной поверхности в основном определяются значением его поверхностной температуры (далее ТПО) [14].

Так как изменения полей температуры воздуха и атмосферного давления существенно зависят от расположения источников, которые их вызывают, представляется очевидным, что значимости влияния на структуру общей циркуляции атмосферы вариаций ТПО разных участков океанической поверхности, могут быть различными. При этом наверняка существуют акватории Мирового океана, вариации ТПО которых влияют на изменения суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ МЮ, наиболее сильно.

Основная часть потоков тепла и водяного пара, поступающих в атмосферу, образуется на поверхностях акваторий, расположенных вне Арктики и Антарктики. Поэтому очевидно, что главную роль в изменениях суммарной продолжительности периодов преобладания ЭЦМ МЮ могут оказывать вариации ТПО акваторий Атлантического, Тихого и Индийского океанов, которые расположены в умеренном, субтропическом, тропическом и субэкваториальном климатическом поясе.

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 г. по 2013 г. не содержат пропусков, для всех месяцев представлены в [15].

Информация о значениях суммарной продолжительности в том или ином месяце и году периодов преобладания в Северном полушарии ЭЦМ МЮ, для периода с января 1899 г. по декабрь 2012 г., содержится в [16].

Тем не менее, расположения акваторий упомянутых океанов, межгодовые изменения ТПО которых в том или ином месяце наиболее существенно влияют на вариации повторяемости рассматриваемых ЭЦМ, до сих пор не выявлены.

3. Постановка задач

Мониторинг вариаций солнечной активности и характеристик атмосферной циркуляции в Северном полушарии осуществляется уже более столетия, а полученные результаты в свободном доступе представлены в Интернете [16, 17]. Вместе с тем адекватность выдвинутой гипотезы ранее не проверялась. Последнее не позволяет использовать результаты мониторинга солнечной активности при моделировании и прогнозировании повторяемости в данном полушарии ЭЦМ МЮ, что позволило бы повысить их эффективность. Учитывая изложенное, оценка адекватности выдвинутой гипотезы и выявление месяцев, в течение которых солнечная активность влияет на межгодовые изменения повторяемости ЭЦМ МЮ, представляет как теоретический, так и практический интерес.

Вследствие этого объектом исследования в данной работе являются межгодовые изменения повторяемости в различные месяцы ЭЦМ МЮ в Северном полушарии Земли, а также солнечная активность.

Предметом исследования является статистическая связь солнечной активности и межгодовых изменений повторяемости в различные месяцы ЭЦМ МЮ в Северном полушарии Земли.

Целью работы является проверка адекватности выдвинутой гипотезы, а также выявление месяцев, в которые солнечная активность влияет на межгодовые изменения повторяемости ЭЦМ МЮ наиболее значимо.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

1. Выявление месяцев, в которые межгодовые изменения повторяемости ЭЦМ МЮ в Северном полушарии Земли наиболее значимо статистически связаны с совпадающими с ними по времени вариациями солнечной активности.

2. Для выявленных месяцев определение расположений сегментов земной атмосферы, в которых межгодовые изменения ОСО значимо статистически связаны с совпадающими с ними по времени вариациями солнечной активности.

3. Выявление районов Тихого, Атлантического и Индийского океана, для которых межгодовые изменения их ТПО наиболее значимо статистически связаны с совпадающими с ними по времени вариациями солнечной активности.

4. Методика исследования и фактический материал

При решении поставленных задач как мера значимости статистической связи между изучаемыми процессами рассматривалось значение коэффициента парной корреляции между ними. Это значение вычислялось для отличающихся годом своего начала, но совпадающих по времени фрагментов временных рядов солнечной активности, а также повторяемости ЭЦМ МЮ, имеющими длину 30 лет и более. Допускалось, что статистическая связь между рассматриваемыми процессами является более сильной, если соответствующее им значение коэффициента парной корреляции больше. Поскольку в большинстве случаев изучаемые процессы стационарными не являлись (соответствующие значения угловых коэффициентов линейных трендов их временных рядов значимо отличаются от нуля), значимости статистических связей между ними количественно не оценивалась.

Статистические связи межгодовых изменений ОСО и солнечной активности изучались за период 1979–2012 гг., поскольку результаты спутникового мониторинга вариаций ОСО во всей земной атмосфере в интернете представлены именно за этот период.

Статистические связи межгодовых изменений ТПО различных районов Тихого, Атлантического и Индийского океана, а также солнечной активности изучались за период 1955–2012 гг., поскольку для указанного периода временные ряды ТПО для большинства из них не содержат пропусков.

Расположения выявленных сегментов атмосферы, а также океанических районов, в которых значения выборочных коэффициентов парной корреляции фрагментов рассматриваемых временных рядов превышают уровни 0,35, 0,45 и 0,6, отображались на

контурных картах мира и изучаемых океанов с использованием метода триангуляции Делоне [19].

Как фактический материал о вариациях ТПО различных районов Мирового океана, ограниченных квадратами координатной сетки размерами $5 \times 5^\circ$ град., применены соответствующие тому или иному месяцу временные ряды аномалий их среднемесячных значений, сформированные из результатов реанализа [15]. Эти ряды соответствуют периоду 1955–2012 гг.

Информация об изменениях суммарной продолжительности в том или ином месяце периодов преобладания в Северном полушарии ЭЦМ МЮ за 1955–2012 гг. получена из [16]. Она использована для формирования временных рядов значений изучаемых характеристик, соответствующих тому или иному месяцу.

Учитывались также сведения об изменениях в тот же период солнечной активности, которые представляют собой временные ряды среднемесячных значений числа Вольфа, полученные из [17].

Рассматриваемые временные ряды среднемесячных значений ОСО в том или ином месяце, соответствующие всевозможным сегментам земной атмосферы размерами 1×1 град., которые отображают изменения данных характеристик за период 1979–2012 гг., получены из [18].

5. Результаты исследования и их анализ

В соответствии с рассмотренной методикой, для каждого месяца изучены зависимости значений коэффициента парной корреляции между совпадающими по времени фрагментами временных рядов солнечной активности, а также повторяемости ЭЦМ МЮ, имеющими длину 30 лет и более, от года начала этих фрагментов.

Установлено, что статистические связи между изменениями повторяемости в Северном полушарии рассматриваемых ЭЦМ, а также солнечной активностью при любой длине фрагментов их временных рядов, завершающихся 2012 г., по мере увеличения года их окончания усиливаются наиболее существенно для такого месяца, как июнь.

В качестве примера на рис. 1 для этого месяца представлены зависимости от года окончания фрагментов временных рядов ЭЦМ МЮ длиной 35 лет, значений коэффициента их парной корреляции с совпадающими по времени фрагментами рядов чисел Вольфа.

Из рис. 1 видно, что статистические связи между рассматриваемыми фрагментами временных рядов ЭЦМ МЮ в июне, а также солнечной активностью, по мере увеличения года их окончания устойчиво усиливаются.

Аналогичные закономерности свойственны статистическим связям между изучаемыми процессами и при других значениях длины их временных рядов. Учитывая это, было признано целесообразным вторую и третью задачи решать для июня.

При решении второй задачи определены расположения сегментов земной атмосферы, в которых значения коэффициента парной корреляции фрагментов временных рядов, которые отражают

межгодовые изменения ОСО и солнечной активности, превышают уровень +0.35. Расположения подобных сегментов отображены на рис. 2.

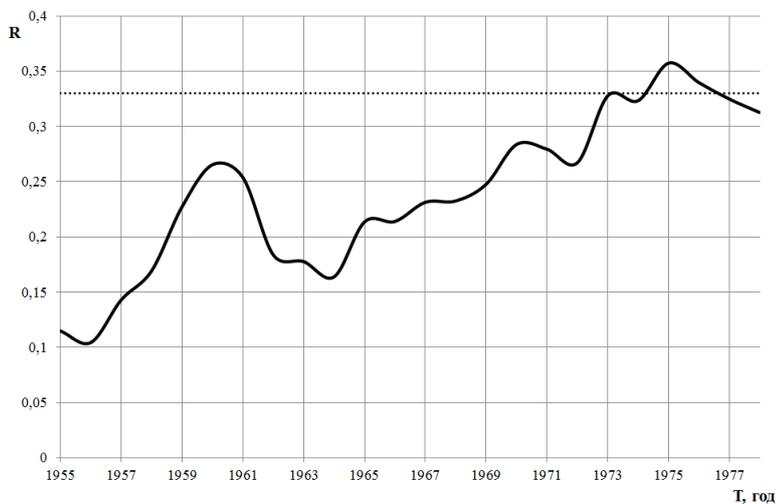


Рис. 1. Зависимости от года окончания фрагментов временных рядов ЭЦМ МЮ в июне длиной 35 лет, значений коэффициента их парной корреляции с совпадающими по времени фрагментами рядов чисел Вольфа

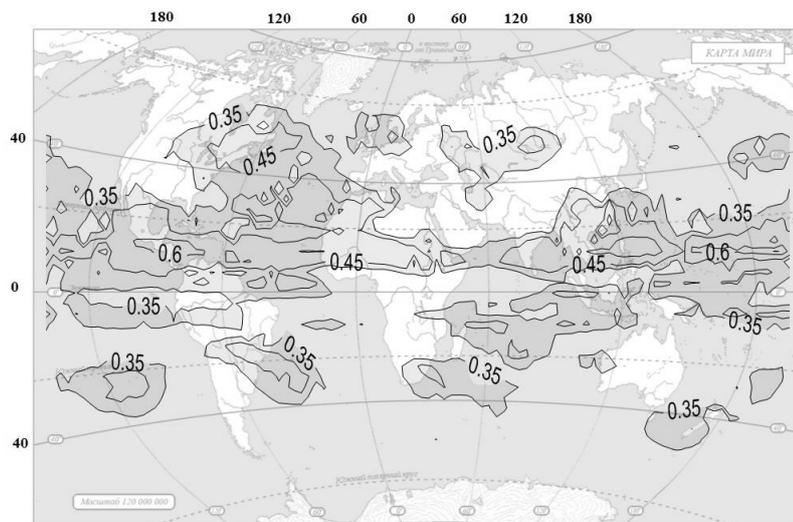


Рис. 2. Расположения сегментов земной атмосферы, в которых межгодовые изменения среднемесячных ОСО в июне наиболее значимо и положительно коррелированы с совпадающими по времени вариациями солнечной активности

Из рис. 2 следует, что сегменты земной атмосферы, в которых межгодовые изменения среднемесячных ОСО в июне наиболее сильно статистически связаны с совпадающими по времени вариациями солнечной активности, располагаются как в Северном, так и в Южном полушарии.

В Северном полушарии к ним относятся: практически вся его тропическая зона; большая часть акваторий Северной Атлантики; восточные регионы Северной Америки; северные регионы Западной Европы, включая Британские острова и западную часть

Скандинавского полуострова; южные регионы России, Среднюю Азию, а также Афганистан.

В Южном полушарии площадь рассматриваемых сегментов меньше. Они представляют собой отдельные локальные области, расположенные в субэкваториальном, тропическом, субтропическом и умеренном климатических поясах. В выявленных сегментах атмосферы при увеличении солнечной активности интенсивность поглощения озоном ультрафиолетовой радиации возрастает, что приводит к увеличению потоков тепла, поступающих в тропосферу и участвующих в формировании облачности верхнего яруса. При этом ее оптическая плотность уменьшается, а поток суммарной солнечной радиации увеличивается.

При решении третьей задачи выявлены расположения акваторий Атлантического, Тихого и Индийского океанов, в которых межгодовые изменения их ТПО в июне значимо и положительно коррелированы с изменениями повторяемости ЭЦМ МЮ в Северном полушарии Земли.

На рис. 3 показано расположение выявленных при этом акваторий Тихого, Индийского и Атлантического океана.

Из рис. 3 следует, что акватории, в которых межгодовые изменения их ТПО в июне наиболее сильно и положительно коррелированы с изменениями повторяемости ЭЦМ МЮ в Северном полушарии Земли, располагаются во всех рассматриваемых океанах.

Сопоставление рис. 3 с рис. 2 показывает, что расположения многих из акваторий, показанных на первом, пространственно соответствуют положениям сегментов атмосферы, обозначенных на втором. Следовательно, межгодовые изменения потоков тепла, образующегося в стратосфере при поглощении озоном ультрафиолетовой радиации и влияющего на состояние облачности верхнего яруса в

соответствующих сегментах тропосферы, а также вариации поступающих в них потоков тепла и водяного пара от поверхностей подобных океанических акваторий, однонаправлены и статистически связаны наиболее сильно. Полученный результат качественно соответствует представлениям, согласно которым совместное действие этих потоков способно вызывать в соответствующих сегментах атмосферы изменения поля атмосферного давления, которые и служат непосредственными причинами вариаций повторяемости ЭЦМ МЮ.

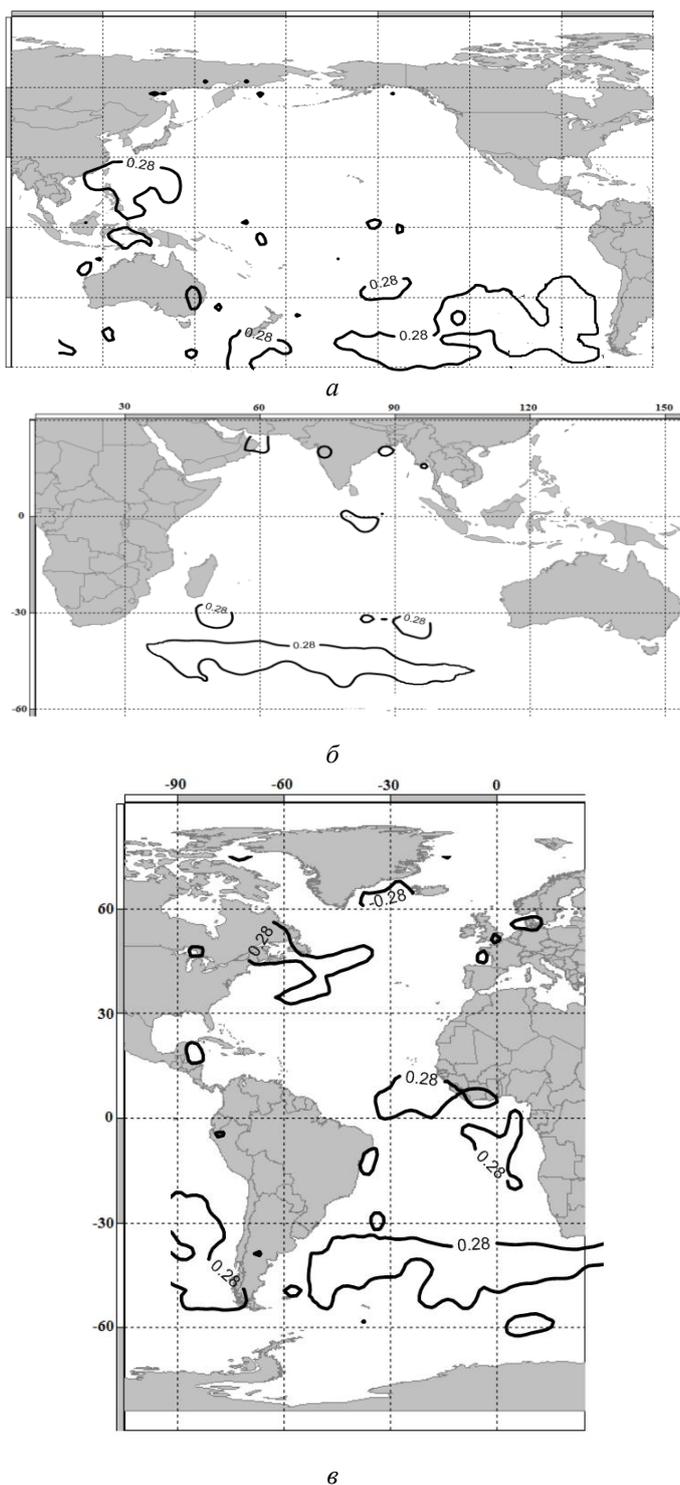


Рис. 3. Расположение акваторий, в которых межгодовые изменения их ТПО в июне значимо и положительно коррелированы с изменениями повторяемости ЭЦМ МЮ в Северном полушарии Земли:
 а – Тихий океан; б – Индийский океан;
 в – Атлантический океан

Совпадение по фазе изменений потоков тепла, поступающих в тропосферу из стратосферы, а также от поверхности океана, не доказывает наличие между этими изменениями причинной связи. Изменения ТПО акваторий, расположенных под выявленными сегментами атмосферы, могут быть вызваны действием и иных, более мощных, факторов. Тем не менее, наличие подобного совпадения (пусть существующее

даже временно) влияние солнечной активности на атмосферную циркуляцию, несомненно, усиливает.

Установлено, что в другие месяцы площади сегментов тропосферы, в которых имеют место подобные совпадения существенно меньше. Последнее, вероятно, является причиной наличия значимой статистической связи межгодовых вариаций ЭЦМ МЮ с солнечной активностью лишь в июне.

6. Выводы

Таким образом, установлено.

Месяцем, в котором межгодовые изменения повторяемости ЭЦМ МЮ наиболее сильно статистически связаны с совпадающими по времени вариациями солнечной активности является июнь. Поскольку сила связи между этими процессами в период с 1955 г. по 2012 г. устойчиво усиливалась, логично предположить, что и в ближайшие годы резкого ее уменьшения не произойдет.

В июне акватории, где межгодовые изменения ТПО наиболее сильно статистически связаны с вариациями повторяемости ЭЦМ МЮ, расположения которых пространственно соответствуют сегментам атмосферы, где межгодовые изменения ОСО наиболее сильно связаны с вариациями солнечной активности, существуют. Суммарная площадь таких акваторий ощутимо больше, чем в прочих месяцах года. Последнее соответствует представлениям об адекватности выдвинутой гипотезы.

Выявленные закономерности наличие либо отсутствие причинной связи рассматриваемого процесса с солнечной активностью не подтверждают, поскольку одинаковая направленность изменений потоков тепла, поступающих в соответствующие сегменты тропосферы от поверхности океана и из стратосферы, которая проявляется в современном периоде, может являться результатом случайного совпадения. Тем не менее, ее наличие обуславливает целесообразность учета вариаций солнечной активности при моделировании и прогнозировании изменений повторяемости ЭЦМ МЮ в июне.

Литература

1. Чижевский, А. Л., Земное эхо солнечных бурь [Текст] / А. Л. Чижевский. – М.: Наука, 1974. – 323с.
2. Мирошниченко, Л. И. Солнечная активность и Земля [Текст] / Л. И. Мирошниченко. – М.: Наука, 1981. – 276 с.
3. Иванов-Холодный, Г. С. Коротковолновое излучение Солнца и его воздействие на верхнюю атмосферу и ионосферу [Текст] / Г. С. Иванов-Холодный, А. А. Цусинов. Исследования космического пространства. Итоги науки и техники. ВИНТИ: сб. науч. Тр. – 1987. – Т. 26. – С. 80–154.
4. Холопцев, А. В. Роль изменений солнечной активности и состояния озоносферы в глобальном затемнении земной атмосферы [Текст] / А. В. Холопцев, М. П. Никифорова // ScienceRise. – 2014. – Т. 5, № 1 (5). – С. 23–35. doi: 10.15587/2313-8416.2014.29735.
5. Калмыков, Н. Н. Галактические космические лучи [Электронный ресурс] / Н. Н. Калмыков, Г. В. Куликов, Т. М. Роганова. – Режим доступа: <http://www.kosmofizika.ru/abmn/kalmikov/cosrays.htm>
6. Федоров, Е. Е. Влияние солнечных пятен на температуру и давление воздуха [Текст] / Е. Е. Федоров // Из-

вестия Главной физической обсерватории. – 1921. – № 3. – С. 64–72.

7. 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.

8. 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; Вып. 21. Центральный институт прогнозов. – М., Л. Гидрометеоиздат, 1946. – 80 с.

9. Гирс, А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов [Текст] / А. А. Гирс. – Л. Гидрометеоиздат, 1974. – 488 с.

10. 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.

11. Матвеев, Л. А. Теория атмосферной циркуляции и климата Земли. [Текст] / Л. А. Матвеев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 291 с.

12. 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.

13. Мартазинова, В. Ф. Крупномасштабная циркуляция атмосферы XX столетия, ее изменения и современное состояние [Текст] / В. Ф. Мартазинова, Т. А. Сverdлик // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. – 1998. – Вып. 246. – С. 21–27.

14. Океанология. Т. 1. Гидрофизика океана [Текст] / под ред. В. М. Каменковича, А. С. Монины. – Москва: Наука, 1978. – 456 с.

15. База данных об изменениях за весь период наблюдений аномалий ПТЮ различных районов Мирового океана, ограниченных квадратами координатной сетки 5x5 градусов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://wxweb.meteostar.com/SST/index.shtml?point=730>

16. 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://atmospheric-circulation.ru/>

17. База данных о числах Вольфа [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gao.spb.ru/database/esai.html>

18. База данных о состоянии озоносферы [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://woudc.org>

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

20. Database on changes in the 1899–2011 gg. The total duration of the periods during which the ECM different groups prevailed in the northern hemisphere [Electronic resource] / Available at: <http://atmospheric-circulation.ru/>

References

1. Chizjevskiy, A. L. (1974). Earth echo of sun storms. Moscow: Science, 323.

2. Miroshnichenko, L. I. (1984). Sun activity and Earth. Moscow: Science, 276.

3. Ivanov-Holodnyi, G. S., Cusinov, A. A. (1987). Shortwave radiation of Sun and its action on upper atmosphere and ionosphere. Studying of outer space. Results of science and technics. VINITI: Collection of science proceedings, 26, 80–154.

4. Kholoptsev, A. V., Nikiforova, M. P. (2014). The role of sun activity and ozonosphere states in global darkening of Earth atmosphere. ScienceRise, 5/1(5), 23–35. doi: 10.15587/2313-8416.2014.29735

5. Kalmykov, N. N., Kulikov, G. V., Roganova, T. M. Galactic cosmic rays. Available at: <http://www.kosmofizika.ru/abmn/kalmikov/cosrays.htm>

6. Fedorov, E. E. (1921). The impact of sun spots on air temperature and pressure. Proceedings of Main physical observatory, 3, 64–72.

7. Vanheim, G. Ya. (1946). About atmospheric circulation fluctuations over Northern hemisphere. Proceedings of AN SSSR. Ser. Geography and Geophysics, 5, 405–416

8. Dzerdievskiy, B. L., Kurganskaya, V. M., Vitvickaya, Z. M. (1946). Typification of circulation mechanisms in Northern hemisphere and characteristics of synoptical seasons. Proc. Sc. found. Of Hydro-met. Serv. Under Min.Sov. SSSR. Ser.2 Synoptical meteorology; Vol. 21. Central institution of forecasts. M., L. Hydrometeoizdat, 80.

9. Girs, A. A. (1974). Macrocirculation method of long-term meteorological forecasts. Lviv: Hydrometeoizdat, 488.

10. Kononova, N. K. (2014). Atmosphere circulation in European sector of Northern hemisphere in XXI c. and temperature variations in Crimea. Geopolitics and ecogeodynamics of regions, 10 (1), 633–640.

11. Matveev, L. A. (1991). Theory of atmospheric circulation and Earth climate. Lviv: Hydrometeoizdat, 291.

12. Sidorenkov, N. S., Svirenko, P. I. (1991). Longstanding changes of atmospheric circulation and climate variations in first natural synoptical district. HydrometeoService Proceedings SSSR, 316, 93–105.

13. Martazinova, V. F., Sverdlik, T. A. (1998). Largescale atmosphere circulation in XX cen., its changes and modern condition. Science works of Ukrainian science-studying hydrometeorological institute, 246, 21–27.

14. Kamenkovich, V. M., Monin, A. S. (Eds.) (1978). Oceanology. Vol. 1. Hydrophysics of ocean. Moscow: Science, 456.

15. Database of changes of SST anomalies of World ocean different areas. Available at: <http://wxweb.meteostar.com/SST/index.shtml?point=730>

16. Database of changes during 1899–2011 yrs. Of elementary circulation mechanisms repetitions in Northern hemisphere. Available at: <http://atmospheric-circulation.ru/>

17. Database of Wolf numbers. Available at: <http://www.gao.spb.ru/database/esai.html>

18. Database of ozonosphere conditions Available at: <http://woudc.org>

19. Skvorcov, A. V. (2002). Delone Triangulation method and its use. Tomsk: Tomsk State University, 128.

20. Database on changes in the 1899–2011 gg. The total duration of the periods during which the ECM different groups prevailed in the northern hemisphere. Available at: <http://atmospheric-circulation.ru/>

Дата надходження рукопису 23.03.2015

Холопцев Александр Вадимович, доктор географических наук, заведующий кафедрой, профессор, 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