

Блокинги в Северном полушарии и Евро-Атлантическом

регионе:

оценки изменений по данным реанализа и модельным расчетам

Член-корреспондент РАН И.И. Мохов, М.Г. Акперов, М.А.

Прокофьева, А.В. Тимажев, А.Р. Лупо, Э. Ле Трет

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Университет Миссури-Колумбия, США

Институт Пьер-Симон Лапласа, Франция

mokhov@ifaran.ru

Аномальная жара летом 2010 г. на европейской территории России была инициирована продолжительным (около двух месяцев) блокированием зональной циркуляции в тропосфере средних широт Северного полушария (СП) [1,2]. Можно ли было ожидать столь продолжительное блокирование? Могут ли современные модели описывать соответствующие процессы? Каковы возможные тенденции

проявления подобных событий в будущем? Для ответа на эти вопросы был проведен анализ характеристик блокинговой активности в атмосфере СП на основе данных реанализа и численных модельных расчетов для XX и XXI веков при разных сценариях антропогенного воздействия. Результаты свидетельствуют, что с использованием современных климатических моделей можно численно воспроизвести особенности региональных аномалий, связанных с атмосферными блокингами, наряду с тенденциями их изменений.

В [3] по данным наблюдений была отмечена тенденция увеличения характерного времени жизни блокингов в атмосфере внетропических широт СП при полушарном потеплении. Эта оценка была получена при сравнении распределений количества блокингов в зависимости от их длительности для 10 самых теплых и 10 самых холодных лет в СП с 1950 г. по 1990 г. Согласно [3] отмеченные изменения режимов блокингов соответствуют увеличению характерного времени их формирования и диссипации на 13% при увеличении приповерхностной температуры СП на 1К.

В данной работе приводятся оценки тенденций изменения характеристик блокингов в СП продолжительностью не менее 5 сут. по данным (<http://solberg.snr.missouri.edu/gcc/>) для последних десятилетий (1969-2011 гг.) [4]. Также аналогично [5] анализировались возможные изменения активности атмосферных блокингов в XXI веке по модельным расчетам при разных антропогенных сценариях. В частности,

использовались результаты численных расчетов в рамках международного проекта CMIP3 (http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php/) для полей геопотенциала на уровне 500 гПа в средней тропосфере СП. Более детальный анализ проводился для летних блокингов в Евро-Атлантическом регионе с оценкой риска и потенциальной предсказуемости атмосферных блокировок экстремальной длительности. Следует отметить, что частота формирования атмосферных блокирующих антициклонов (блокингов) в Евро-Атлантическом регионе летом по многолетним данным имеет максимум над восточной Европой – около 30° в.д. [4].

На рис.1 представлены межгодовые вариации общей длительности блокингов СП $N\tau$, нормированной на среднее значение $\underline{N\tau}$ для базового периода 1971-1990 гг., по данным (<http://solberg.snr.missouri.edu/gcc/>). Приведены вариации среднегодовых значений $N\tau/\underline{N\tau}$, а также для зимы и лета и соответствующие изменения при 10-летнем сглаживании. Согласно рис.1 проявляется тенденция увеличения общей продолжительности блокингов СП как в среднем за год, так и для отдельных сезонов на фоне возрастающей в последние годы изменчивости. Экстремальные значения более чем вдвое превышают базовые для периода 1971-1990 гг. зимой при еще большем превышении летом и для среднегодового режима.

Сделаны также оценки температурной чувствительности характеристик блокинговой активности в атмосфере СП по данным для

последних десятилетий. В частности, аналогично [3], с использованием данных (<http://solberg.snr.missouri.edu/gcc/>) для атмосферных блокингов и данных (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/>) для приповерхностной температуры проведено сравнение характеристик блокингов для 10 самых теплых (1998, 2001-2007, 2009, 2010) и самых холодных (1969-1972, 1974-1976, 1978, 1984, 1985) лет в СП с 1969 г. по 2011 г. Средняя приповерхностная температура СП для этих 10-летий существенно различалась – более, чем на 0.7К. Среднее за год количество блокингов N в СП для теплого 10-летия (32.4) превышало более, чем на треть (на 36%) их среднегодовое количество для холодного 10-летия (26.6). При этом их средняя продолжительность τ (9.8 сут) и общая длительность $N\tau$ (371.8 сут) в СП за год были для теплого 10-летия соответственно почти на четверть (на 23%) и более, чем наполовину (на 57%) больше, чем для холодного 10-летия (7.8 сут и 206.8 сут). Полученные оценки изменений при потеплении СП на 1К соответствуют (в линейном приближении) изменениям на 49% для количества блокингов, на 32% для их средней продолжительности и на 79% их общей длительности за год.

Был проведен также анализ изменений распределений количества блокингов СП от их характеристик. В частности, для распределения количества блокингов СП от их продолжительности экспоненциального типа отмечено увеличение более, чем на треть (на 36%) характерного времени формирования (и диссипации) блокингов в теплое десятилетие (7.9 сут) относительно холодного 10-летия (5.5 сут). Это соответствует

увеличению характерного времени на 50% при приповерхностном потеплении СП на 1К. Полученная оценка почти в 4 раза превышает соответствующую оценку, полученную в [3].

Отмеченным тенденциям можно дать достаточно простое физическое объяснение. В [3] подобное объяснение дано с использованием концептуальной модели для атмосферных блокингов в земной климатической системе. В частности, в рамках самого общего модельного рассмотрения следует ожидать увеличения времени жизни атмосферных блокингов в более теплой тропосфере при в более слабой (в целом) зональной циркуляции. В [6] была отмечена тенденция увеличения времени жизни блокингов и числа блоко-дней в году в СП по расчетам с моделью общей циркуляции при глобальном потеплении в связи с увеличением содержания в атмосфере углекислого газа. При этом наиболее значимое увеличение общей продолжительности явлений блокирования при потеплении отмечено для весенне-летних и зимних месяцев, особенно над континентами, а также для Евро-Атлантического региона. Подобная тенденция для весенне-летних месяцев способствует формированию засух, а для зимних – формированию продолжительных морозов на фоне общего потепления. Выявлена также тенденция увеличения интегрального действия блокингов СП при общем потеплении [7]. Проявление климатических аномалий последних лет (в том числе летних и зимних экстремальных режимов для евроазиатских

регионов в средних широтах) согласуется с отмеченными тенденциями блокинговой активности.

Анализ возможных изменений активности внетропических циклонов и антициклонов выявил большую изменчивость в XXI веке по разным модельным расчетам при различных антропогенных форсингах [5,8]. Для блокирующих антициклонов также отмечена значительная межгодовая и более долгопериодная изменчивость. Рис. 2 иллюстрирует насколько существенно при этом результаты могут заметно различаться при использовании разных данных и различных критериев для блокингов [1-7] - см., напр. (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/>, <http://solberg.snr.missouri.edu/gcc/>, https://ams.confex.com/ams/Annual2005/techprogram/paper_83154.htm).

Согласно полученным результатам анализа численных расчетов наиболее детальные глобальные климатические модели способны воспроизводить не только общие тенденции, но и конкретные экстремальные блокирующие ситуации в атмосфере, в том числе и блокирования типа отмеченного летом 2010 г. над европейской территорией России [2,5]. При этом результаты чувствительны к выбору критериев для блокингов, начальных условий и к сценариям возможного антропогенного воздействия.

На рис.2 представлены примеры межгодовых вариаций общей длительности летнего блокирования в Евро-Атлантическом регионе (60°з.д.-60°в.д.) по расчетам с климатической моделью общей

циркуляции (КМОЦ) IPSL-CM4 с разрешением $\Delta\varphi=2.5^\circ$ по широте и $\Delta\lambda=3.75^\circ$ по долготе для периода 1960-2100 гг. при сценариях антропогенного воздействия SRES-A1B и SRES-A2 для XXI века и при разных критериях для блокингов (см. также [8]). В частности, использовались модифицированные критерии Леженаса-Окленда аналогично [4] при более жестких (вариант I) и более слабых (вариант II) условиях для минимальной долготной протяженности блокингов L_λ : $L_\lambda(I)=6\Delta\lambda$ (>1600 км на широте 50°), $L_\lambda(II)=4\Delta\lambda$ (около 1100 км на широте 50°).

Согласно рис.2 можно ожидать общую длительность блокирования в Евро-Атлантическом регионе летом до двух месяцев и даже больше. В том числе, по расчетам с КМОЦ IPSL-CM4 при сценарии умеренного антропогенного воздействия SRES-A1B при использовании более жесткого критерия для блокингов (I) для лета 2010 г. в Евро-Атлантическом регионе отмечено длительное блокирование общей длительностью около 60 сут. (рис.2б). Полученная модельная оценка близка к реальной продолжительности блокирования над Европейской территорией России летом 2010, послужившего причиной экстремальной засухи и пожаров. Стоит отметить, что экстремальная продолжительность блокирования в Евро-Атлантическом регионе до 2010 г. отмечена по модельным расчетам для лета 1973 г. (с несколько меньшей продолжительностью, чем летом 2010 г.), когда была аномально высокая температура, засуха и пожары в Западной Европе.

По модельным оценкам при анализировавшихся антропогенных сценариях можно ожидать в XXI веке в Евро-Атлантическом регионе еще нескольких летних блокирований, сопоставимых по общей продолжительности с отмеченным летом 2010 г. В том числе, аномально длительное (около 60 сут. и более) блокирование по расчетам с КМОЦ IPSL-CM4 при более жестком критерии для блокингов (I) отмечено для двух летних сезонов (2020 г. и 2041 г.) при сценарии SRES-A1B, а при сценарии SRES-A2 – для двух других летних сезонов (2043 г. и 2081 г.) - см. рис.2б. При этом проявляется существенная зависимость результатов не только от сценариев антропогенных воздействий, но и от критериев блокирования. При менее жестком критерии для блокингов, в частности при более слабых условиях на долготную протяженность (II), их максимальная общая продолжительность увеличивается - в Евро-Атлантическом регионе летом 2010 г. до 10 недель (рис.2а).

В изменениях режимов блокингов отмечаются существенные нелинейные эффекты. Так согласно рис.2б при умеренном антропогенном сценарии SRES-A1B следует ожидать в XXI веке блокирования с общей продолжительностью от месяца и более в Евро-Атлантическом регионе с частотой примерно раз в 3 года. При более агрессивном антропогенном сценарии SRES-A2 – раз в 4 года, как и во второй половине XX века. Наиболее значительные различия между XX и XXI веками отмечены для экстремально длительных блокирований. Частота блокирований с продолжительностью 50 дней и более в XXI

веке при сценарии SRES-A2 (3 события за 100 лет) ближе к моделируемой для второй половины XX века (1 событие за 40 лет), чем при сценарии SRES-A1B (6 событий за 100 лет).

Чрезвычайные события лета 2010 г. с особой остротой подняли вопросы, связанные с климатическими изменениями и их последствиями. Судя по модельным оценкам, подобные аномально продолжительные блокирующие режимы можно было ожидать [2]. Но блокинги – это только часть, хотя и существенная, проблемы формирования погодно-климатических аномалий. Существенно, что при общем потеплении в течение последних десятилетий возрастает изменчивость значимых погодно-климатических характеристик. При продолжении глобального потепления в XXI веке ожидается усиление этой тенденции, в частности, увеличение вероятности экстремальных осадков, сопровождающихся летом для ряда евроазиатских регионов уменьшением вероятности осадков. Отмеченные тенденции способствуют формированию региональных экстремальных режимов – как засух, так и наводнений. Для более адекватной оценки уровня риска проявления региональных циркуляционных, температурных и гидрологических аномалий и их последствий в определенные сезоны, годы и периоды необходимо учитывать эффекты, связанные с ключевыми квазициклическими глобальными и региональными процессами, явлениями типа Эль-Ниньо/Ла-Нинья, Северо-

Атлантического и Арктического колебаний, Атлантической долгопериодной осцилляции на фоне вековых тенденций [2,8-15].

Данная работа выполнена при поддержке программ Российской академии наук, Российского фонда фундаментальных исследований, Национального центра научных исследований Франции (CNRS), Министерства образования и науки (г/к 11.519.11.5004), гранта Президента РФ НШ 5467.2012.5.

Список литературы

1. Шакина Н.П., Иванова А.Р. // Метеорология и гидрология. 2010. №11. С.5-18.
2. Мохов И.И. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т.47. №6. С.709-716.
3. Мохов И.И., Петухов В.К. // Доклады РАН. 1997. Т.337. №5. С.687-689.
4. Wiedenmann J.M., Lupo A.R., Mokhov I.I., Tikhonova E.A. // J. Climate. 2002. V.15. №23. P.3459–3473.
5. Mokhov I.I., Akperov M.G., Timazhev A.V. // Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling, A. Zadra (ed.). 2012. Rep.42(7). P.13-14.
6. Lupo A.R., Oglesby R.J., Mokhov I.I. // Climate Dyn. 1997. V.13. P.181–195.
7. Мохов И.И. // Доклады РАН. 2006. Т.409. №3. С.403-406.
8. Мохов И.И., Чернокульский А.В., Акперов М.Г. и др. // Доклады РАН. 2009. Т. 424. №3. С.393-397.
9. Семенов В.А., Мохов И.И., Латиф М. // Изв. АН. Физика атмосферы и океана. 2012. Т.48. №4. С.403-421.
10. Мохов И.И., Семенов В.А., Хон В.Ч. // Изв. АН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т.39. №2. С.150-165.

11. Мохов И.И., Дюфрен Ж.-Л., Ле Трет Э. и др. // Доклады РАН. 2005. Т.405. №6. С.810-814.
12. Khon V.C., Mokhov I.I., Roesckner E., Semenov V.A. // Glob. Planet. Change. 2007. V.57. P.118-123.
13. Арпе К., Бенгтссон Л., Голицын Г.С. и др. // Доклады РАН. 1999. Т.366. №2. С.248-252.
14. Mokhov I.I., Khvorostyanov D.V., Eliseev A.V. // Intern. J. Climatol. 2004. V.24. P.401-414.
15. Мохов И.И., Семенов В.А., Хон В.Ч. и др. // Доклады АН. 2008. Т.419. №.5. С.687-690.

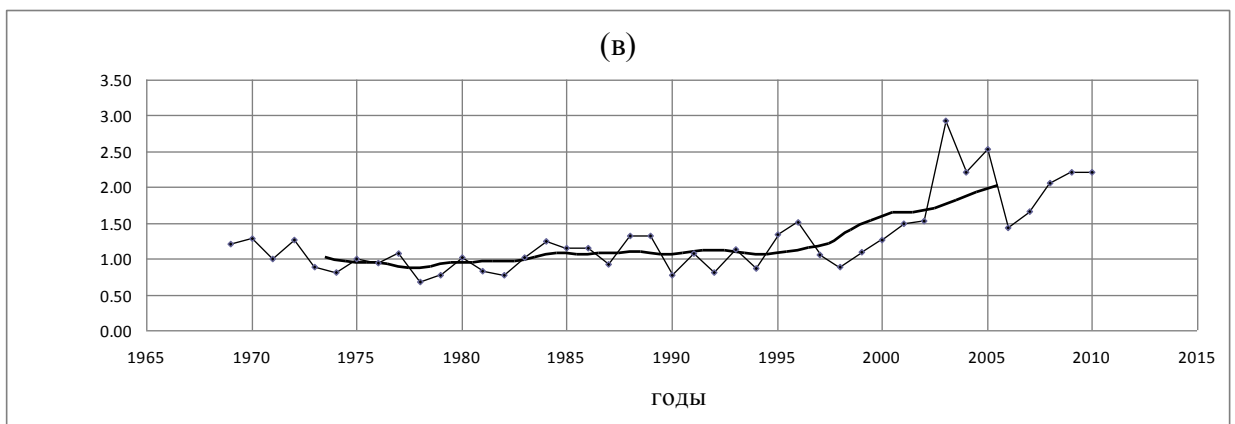
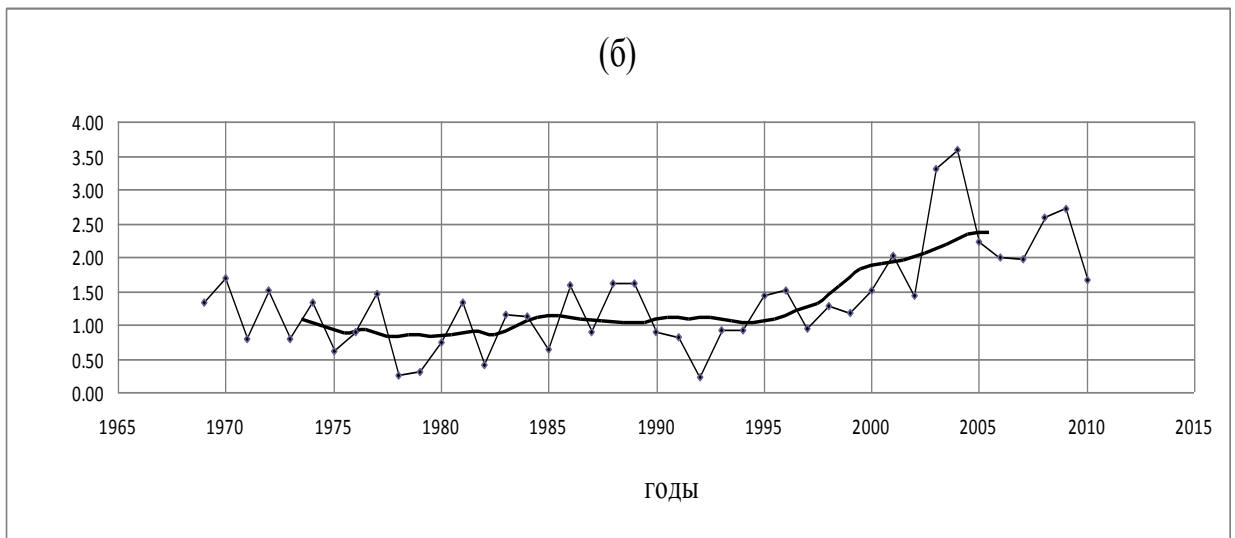
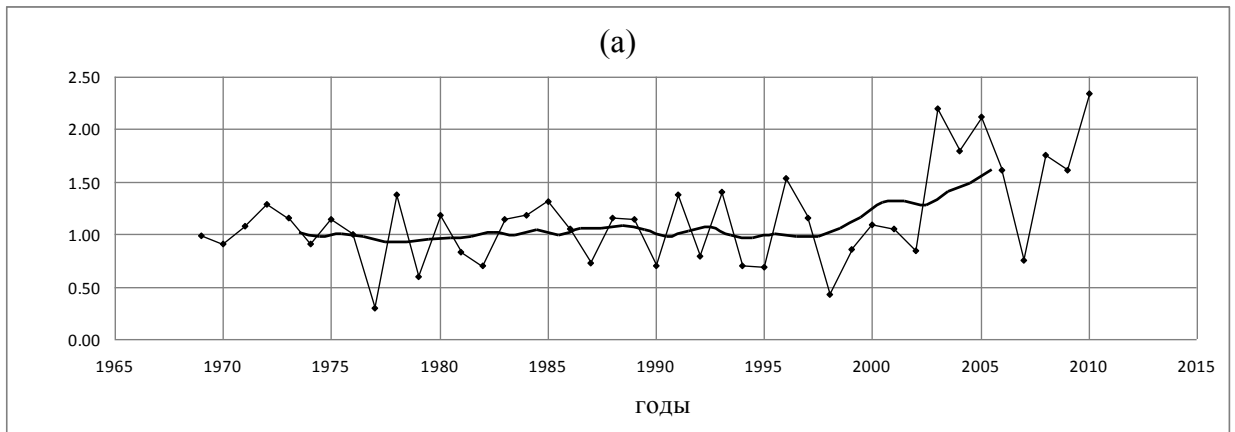


Рис.1. Межгодовые вариации общей длительности блокингов СП, нормированной на среднее значение для базового периода 1971-1990 гг., по данным (<http://solberg.snr.missouri.edu/gcc/>): а) зима, б) лето, в) год. Приведены также соответствующие изменения при 10-летнем сглаживании.

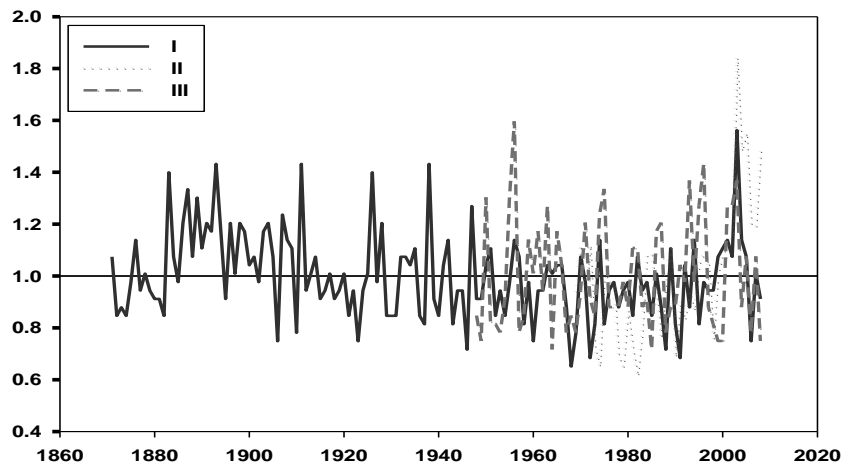


Рис.2. Межгодовые вариации (нормированные) количества блокингов в Северном полушарии с использованием различных критериев при анализе разных данных

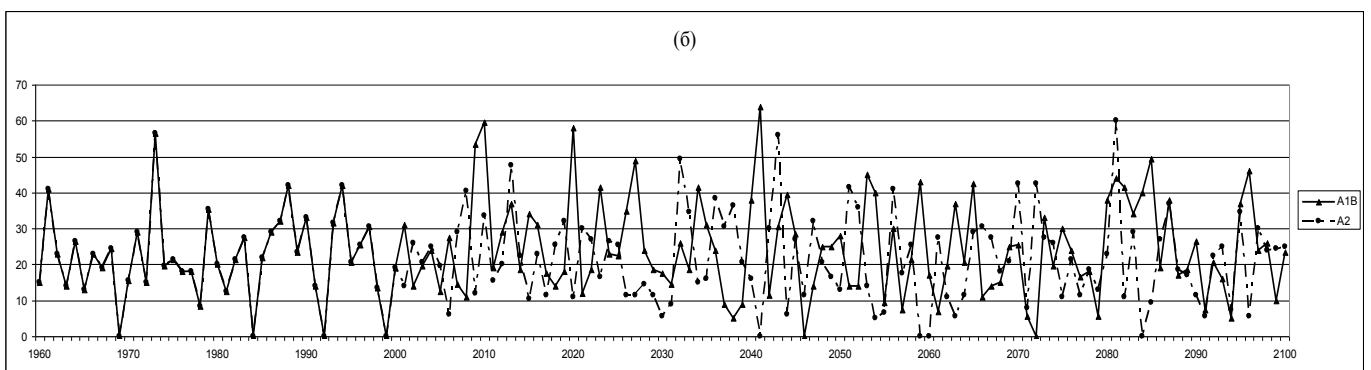
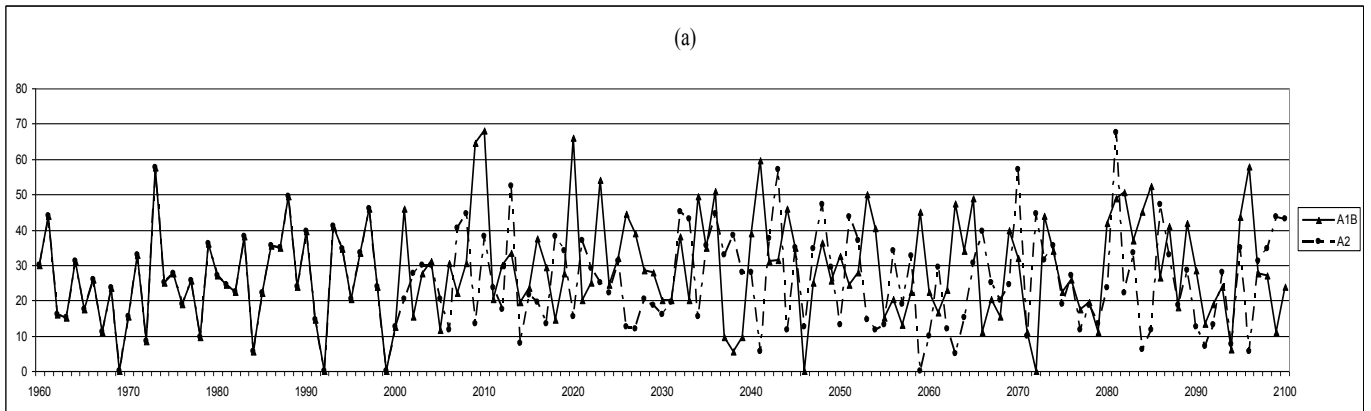


Рис.3. Межгодовые вариации общей продолжительности летних блокингов (сут.) в Евро-Атлантическом регионе (60° з.д.- 60° в.д.) по модельным расчетам при антропогенных сценариях SRES-A1B (тонкая сплошная кривая) и SRES-A2 (штрих-пунктир) для XXI века и разных критериях для блокингов: а) при менее жестком критерии (II), б) при более жестком критерии критерий (I).

Подписи к рисункам.

Рис.1. Вариации общей длительности блокингов СП, нормированной на среднее значение для базового периода 1971-1990 гг., по данным (<http://solberg.snr.missouri.edu/gcc/>): а) зима, б) лето, в) год. Приведены также соответствующие изменения при 10-летнем сглаживании.

Рис.2. Межгодовые вариации (нормированные) количества блокингов в Северном полушарии с использованием различных критериев при анализе разных данных

Рис.3. Вариации общей продолжительности летних блокингов в Евро-Атлантическом регионе (60° з.д.- 60° в.д.) по модельным расчетам при антропогенных сценариях SRES-A1B (тонкая сплошная кривая) и SRES-A2 для XXI века и разных критериях для блокингов: а) при менее жестком критерии (II), б) при более жестком критерии (I).

Реферат

Блокинги в Северном полушарии и Евро-Атлантическом

регионе:

оценки изменений по данным реанализа и модельным расчетам

Член-корреспондент РАН И.И. Мохов, М.Г. Акперов, М.А.

Прокофьева, А.В. Тимажев, А.Р. Лупо, Э. Ле Трет

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Университет Миссури-Колумбия, США

Институт Пьер-Симон Лапласа, Франция

mokhov@ifaran.ru

Аномальная жара летом 2010 г. на европейской территории России была инициирована продолжительным (около двух месяцев) блокированием зональной циркуляции в тропосфере средних широт Северного полушария (СП) [1,2]. Можно ли было ожидать столь продолжительное блокирование? Могут ли современные модели описывать соответствующие процессы? Каковы возможные тенденции проявления подобных событий в будущем? Для ответа на эти вопросы был проведен анализ характеристик блокинговой активности в

атмосфере СП на основе данных реанализа и численных модельных расчетов для XX и XXI веков при разных сценариях антропогенного воздействия. Результаты свидетельствуют, что с использованием современных климатических моделей можно численно воспроизвести особенности региональных аномалий, связанных с атмосферными блокинками, наряду с тенденциями их изменений.

Blockings in the Northern Hemisphere and Euro-Atlantic region: Estimates of changes from reanalyses data and model simulations

I.I. Mokhov¹, M.G. Akperov¹, M.A. Prokofyeva^{1,3}, A.V. Timazhev¹, A.R. Lupo³,
H.Le Treut⁴

¹Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

³University of Missouri, Columbia, USA

⁴Institut Pierre Simon Laplace, Paris, France

mokhov@ifaran.ru