

ISSN 1561-8323 (print)

**НАУКИ О ЗЕМЛЕ**  
**EARTH SCIENCES**

УДК 551.583

Поступило в редакцию 15.02.2017  
Received 15.02.2017**Академик В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий***Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь***ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЗЕМНОГО ШАРА И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ**

Основные неопределенности оценок изменений климата связаны как с недостаточностью и неполной достоверностью использованных данных, так и недостаточной разработанностью физических основ изменения климата. Особенно большая неопределенность остается в оценках влияния «малых» климатообразующих факторов (солнечная и геомагнитная активность, геофизические параметры Земли, планетные влияния и др.). Цель работы – оценка изменений климата Земного шара и их причин. Особое внимание было уделено проявлению 22-летнего цикла магнитной солнечной активности в изменении величин трендов аномалий глобальной и полушарных температур. Новый подход при изучении характера и тесноты солнечно-атмосферных связей сопровождался широким использованием различных методов, включая параметрические и непараметрические оценки статистической значимости полученных результатов. Использована упрощенная модель 22-летних циклов солнечной активности.

Анализ изменений скользящих линейных трендов аномалий температуры Земного шара показал отчетливое и статистически значимое проявление 22-летнего магнитного солнечного цикла в пространственно-временных изменениях величины трендов. Теснота связи 22-летних солнечных циклов и величин линейных трендов аномалий температуры оказалась несколько выше зимой, чем в другие сезоны года.

Предложен альтернативный сценарий изменения климата Земного шара на ближайшие годы, предполагающий уменьшение величин аномалий температуры Земного шара в 2017–2019 (2020) гг. на 0,1–0,2 °C по сравнению с предыдущим 3-летним периодом.

*Ключевые слова:* изменение климата, парниковые газы, солнечная активность, 22-летний цикл

**Academician Vladimir F. Loginov, Vladimir S. Mikutskiy***Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus***GLOBAL CLIMATE CHANGES AND THEIR POSSIBLE REASONS**

There is a big uncertainty of the assessments of the effect of “small” climate formative factor (solar and geomagnetic activity, geophysical parameters of the Earth, planetary effects, etc.) on the climate. The objective of the article is to assess global climate changes and their causes. For the first time, when analyzing the character and closeness of solar-atmospheric connections, the approach based on the simplified 22-year cycle model of the solar activity and running trends of temperature anomalies is applied. The obtained results are verified with a wide use of various methods for assessment of their statistical significance.

The analysis of the changes in the linear trends of global temperature anomalies has shown a distinct and statistically significant manifestation of a 22-year magnetic solar cycle in the space-temporal changes of trend values. The closeness of the connection of 22-year solar cycles and the values of the linear trends of the temperature anomalies appeared to be somewhat higher in the winter than in other year seasons.

The alternative scenario of Globe climate changes in the near future, assuming a decrease in the values of the Globe temperature anomalies in 2017–2019 (2020) by 0.1–0.2 °C in comparison with the previous period (2014–2016), is offered.

*Keywords:* climate changes, greenhouse gases, solar activity, 22-year cycle

**Введение.** К настоящему времени достоверно установлено наличие линейного положительного тренда в изменении температуры северного и южного полушария Земли за период инструментальных наблюдений (100–170 лет). Показано, что рост температуры в северном полушарии

составляет  $0,8 \pm 0,2$  °С, а в южном –  $0,6 \pm 0,2$  °С [1–4]. Скорость роста температуры на протяжении различных отрезков указанного времени изменялась от  $0,35$  °С/10 лет до нескольких сотых градуса/10 лет, а в отдельные периоды наблюдалось даже падение температуры (1945 – начало 1970-х годов).

В качестве основного фактора современного потепления климата принимается антропогенная деятельность, которая определяет не только повсеместный рост температуры в разных регионах Земного шара, но и изменения интенсивности и повторяемости экстремальных климатических явлений (засух, наводнений, ураганов, теплых зим и т. д.) [4–7]. При этом в многочисленных крупномасштабных процессах выявляется колебание с периодом около 60–70 лет [6; 8; 9], которое не может быть связано с антропогенной деятельностью. Кроме того, хотя основные источники парниковых газов находятся в северном полушарии [10], тренда в ряду разностей температуры северного и южного полушария не обнаружено.

Анализ выполненных исследований показывает, что несмотря на огромное число работ, посвященных анализу временных изменений климата, научное сообщество так до конца и не договорилось о траектории климата будущего [1]. А это означает, что до сих пор остаются объективные и субъективные неопределенности оценок прошлого, настоящего и будущего климата, основные из которых связаны с недостаточностью и неполной достоверностью использованных данных и, самое главное, недостаточной разработанностью физических основ изменения климата.

Существует неопределенность оценок роли урбанизации в изменении глобальной и региональной температуры. Определенное влияние на точность вычисления пространственно-временных изменений температуры может оказать изменение числа метеорологических станций в глобальной системе климатического мониторинга.

Число станций в мире существенно уменьшилось с конца 1990-х годов, иногда составляя около 50 % от их общего числа в лучшие годы. Существенные изменения плотности глобальной сети наблюдений за климатом в 1990-е годы могли нарушить однородность рядов средних глобальных значений температуры.

Уменьшение плотности глобальной метеорологической сети, в первую очередь в труднодоступных районах, могло привести к увеличению процентного соотношения числа станций на урбанизированных территориях по сравнению с сельскими территориями и, как следствие, росту урбанизационной «поправки», а также завышению значений глобальной температуры в последние два-три десятилетия. В свою очередь это может привести к небольшому увеличению положительной трендовой составляющей в изменении температуры в последнем столетии.

Величины разностей аномалий среднегодовой глобальной температуры, представленные двумя такими крупными климатическими центрами, как Национальный климатический центр данных Национального управления океанических и атмосферных исследований США (NCDC NOAA) и отдел климатических исследований Университета Восточной Англии и Гадлеевский центр (Met Office Hadley Centre and Climatic Research Unit), различаются от  $0,07$  до  $0,22$  °С.

До настоящего времени остается особенно большая неопределенность в оценках влияния «малых» климатообразующих факторов (солнечная и геомагнитная активность, геофизические параметры Земли, планетные влияния и др.). Однако к настоящему времени имеются достаточные основания утверждать, что проблема космических влияний на атмосферу и климат приобрела определенную респектабельность.

При исследовании влияния солнечной активности на земной климат традиционным является анализ ряда относительных чисел Вольфа, имеющего 11-летнюю цикличность. При этом явно недооценивается роль фундаментального 22-летнего цикла магнитной активности Солнца в протекании геофизических процессов [11]. С учетом этого, основной целью данной работы является оценка изменений климата Земного шара и их причин. Особое внимание было уделено пространственно-временным особенностям проявления указанного 22-летнего цикла солнечной активности в изменении величин трендов аномалий глобальной и полушарных температур.

**Материалы и методы исследования.** Исходной базой для построения нормализованного варианта модели фундаментального 22-летнего цикла магнитной активности Солнца явился ряд относительных чисел Вольфа. Осуществлялась фиксация минимальных значений относитель-

ных чисел Вольфа в четных и нечетных циклах с выделением ветвей подъема и спада, которые совпадали, соответственно, с четными и нечетными 11-летними солнечными циклами.

В качестве материала для исследований трендов глобальной температуры были использованы ряды месячных аномалий глобальной и полушарных температур, подготовленные NCDC NOAA на период с 1880 по 2015 г. [12].

Величины трендов аномалий температуры ( $\alpha$ ), вычисленные для 15-летних скользящих интервалов за период с 1880 по 2015 г.:  $\alpha_1(1880-1894)$ ,  $\alpha_2(1881-1895)$  ...  $\alpha_{121}(2000-2014)$ ,  $\alpha_{122}(2001-2015)$  с привязкой каждого из них к последнему году соответствующего 15-летнего интервала, образуют новый показатель изменения климата, использовавшийся нами для оценки сопряженности с изменением солнечной активности. Последующее исследование изменений величин линейных трендов аномалий температуры Земного шара проводилось с учетом фаз 22-летнего цикла, отвечающих четным и нечетным циклам солнечной активности.

Такой подход, основанный на применении упрощенной модели 22-летних циклов солнечной активности и скользящих трендов аномалий температуры при изучении характера и тесноты солнечно-атмосферных связей, был применен впервые и сопровождался широким использованием различных методов оценки статистической значимости полученных результатов.

При исследовании устойчивости 22-летних циклов трендов аномалий температуры использовался так называемый спектрально-временной анализ (СВАН-анализ) [13] с построением соответствующих диаграмм.

При расчете спектров временные ряды предварительно преобразовывались путем вычитания среднего для устранения ложного пика на нулевой частоте, а также удаления тренда для исключения эффекта «ложной корреляции» и фиктивных периодичностей на низких частотах.

Спектральный анализ в скользящих окнах температурных рядов проводился с использованием возможностей фурье-анализа временных рядов, предоставляемых системой Statistica. Для автоматизации процедуры вычисления спектров была разработана специализированная VBA-программа на основе СОМ-технологии [14]. Наряду с указанными были использованы также методы корреляционного анализа, различные параметрические и непараметрические критерии статистической значимости результатов ( $t$ -критерий Стьюдента,  $G$ -критерий).

**Результаты и их обсуждение.** Рассмотрим совместную попарную динамику смоделированного ряда 22-летней солнечной активности и рядов линейных трендов аномалий температур Земного шара (рис. 1).

Из рис. 1 следует, что величины линейных трендов среднегодовой температуры в четных циклах солнечной активности падают, а в нечетных циклах – растут. Эти закономерности особенно характерны для первой части ряда 1880–1976 гг. Для последних четырех 11-летних циклов солнечной активности (двух пар 11-летних циклов солнечной активности) указанная особенность в изменении величин линейных трендов аномалий среднегодовых температур в 22-летнем цикле становится менее заметной. Она затушевывается быстрым ростом аномалий температуры, который стал наиболее заметным в последнее сорокалетие. В это время знак трендов аномалий температуры устойчиво перешел через ноль и стал положительным.

Теснота связей трендов аномалий температуры Земного шара и модельных изменений солнечной активности наибольшая для первой части ряда (1880–1976 гг.), когда квази 22-летнее колебание солнечной активности в изменении величины трендов аномалий температуры наиболее выражено, причем для всех случаев связи статистически значимы. Для этого периода наиболее тесную корреляцию сопоставляемых величин обнаруживают среднегодовая глобальная температура, среднегодовые и зимние температуры суши Земного шара и северного полушария. Во втором периоде в большинстве случаев теснота связей падает, при этом третья часть коэффициентов корреляции теряет статистическую значимость.

В дополнение к описанному выше линейному корреляционному анализу была проведена проверка сопряженности фаз роста и падения для указанных пар рядов по  $G$ -критерию Вулфа [15] за периоды 1895–1975 и 1976–2015 гг. Если для первой части ряда в подавляющем числе случаев наблюдается статистически значимая сопряженность сопоставляемых рядов, то для последней части ряда в большинстве случаев сопряженность также теряет статистическую значимость.

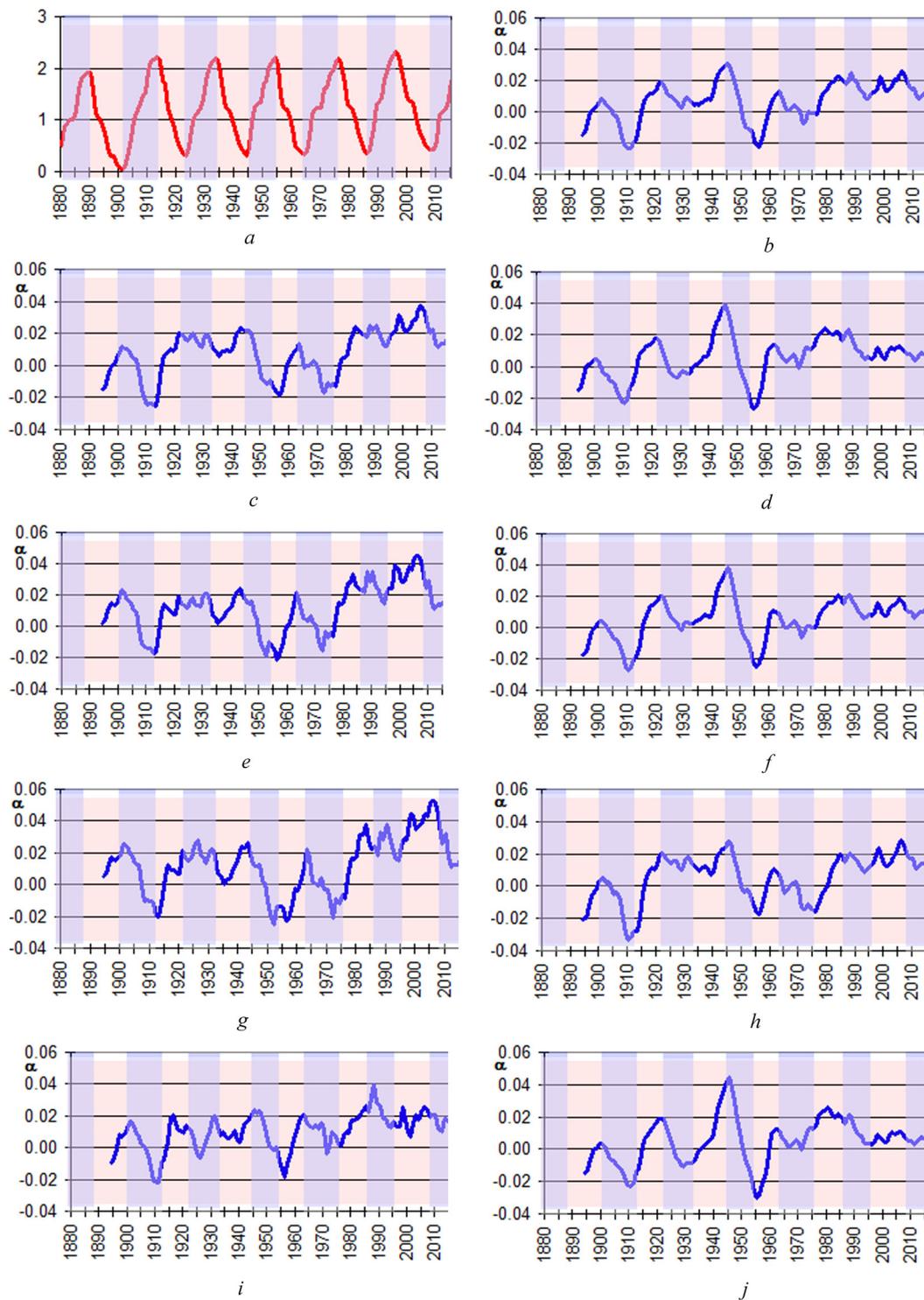


Рис. 1. Динамика значений смоделированного нормализованного ряда 22-летней солнечной активности (*a*) и величин линейных трендов  $\alpha$  для аномалий среднегодовой температуры Земного шара (*b*), температур северного (*c*) и южного (*d*) полушарий Земли, суши Земного шара (*e*), Мирового океана (*f*), суши СП (*g*), океана СП (*h*), суши ЮП (*i*) и океана ЮП (*j*)

Fig. 1. Dynamics of values of the simulated normalized series of 22-year solar activity (*a*) and values of linear trends  $\alpha$  for anomalies of Global (*b*), Northern (*c*) and Southern (*d*) Hemispheres, Global Land (*e*), Global Ocean (*f*), NH Land (*g*), NH Ocean (*h*), SH Land (*i*) and SH Ocean (*j*) mean annual temperatures

Простейшим способом дополнительной оценки статистической значимости различий величины трендов аномалий температуры в разные фазы 22-летнего цикла является широко известный  $t$ -критерий Стьюдента.

Если исходить из гипотезы влияния заряженных частиц на атмосферу Земли, то исходной выборкой должна стать выборка значений величин линейных трендов аномалий температуры, приходящихся на годы высокой устойчивости во времени рекуррентности геомагнитной активности на нисходящей ветви четного 11-летнего цикла: 1911–1914, 1930–1933, 1951–1954, 1973–1976, 1993–1996 гг. (объем выборки  $n = 20$ ). Назовем такую выборку **ключевой**. Именно она должна сравниваться с другими выборками величин линейных трендов аномалий температуры, приходящихся на любые другие фазы 22-летнего цикла из набора значений всего доступного ряда. Вторая выборка составлена из 20 членов ряда, приходящихся на нисходящие ветви нечетных циклов: 1897–1900, 1920–1923, 1941–1944, 1962–1965, 1983–1986 гг., третью выборку составили 20 членов ряда, приходящихся на восходящие ветви нечетных циклов: 1915–1918, 1945–1948, 1955–1958, 1987–1990, 1997–2000 гг. При анализе были использованы ряды среднегодовых трендов аномалий температуры океана Южного полушария, суши Северного полушария, океана Северного полушария, а также зимних трендов температуры суши Южного полушария, имеющих разную степень согласованности с фазами 22-летней солнечной активности. Проводилось сравнение средних значений величин линейных трендов аномалий температуры первой выборки последовательно со средними значениями остальных выборок. Различия между всеми сравниваемыми выборочными средними за исключением случая зимних трендов температуры суши Южного полушария оказались статистически значимыми.

Анализ периодограмм рядов 15-летних скользящих линейных трендов аномалий температуры показал, что мощность выделенных колебаний по большинству регионов во второй период как минимум на порядок ниже соответствующей мощности первого периода. В наибольшей степени это проявляется для океанических трендов аномалий температуры.

Принципиально важным является изменение устойчивости 22-летнего колебания в изменении величин трендов аномалий температуры Земного шара. На рис. 2 приведены значения мощности 21,3-летней составляющей в изменении величины линейных трендов аномалий температуры Земного шара.

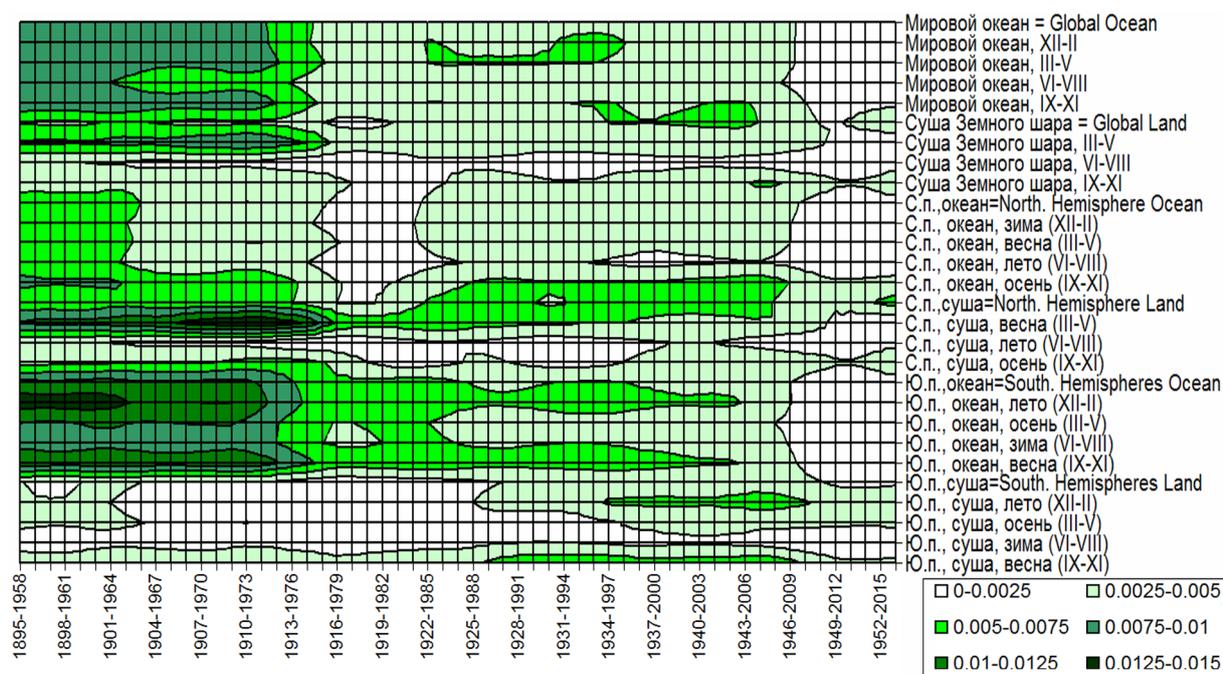


Рис. 2. Значения периодограмм 21,3-летних составляющих колебаний трендов аномалий глобальных и полушарных температур (ширина скользящего окна 64 года)

Fig. 2. Values of periodograms of 21.3-year components of oscillations of trends of Global and Hemispheres temperature anomalies (the width of a running window is 64 years)

Из рис. 2 следует, что мощность 21,3-летних колебаний в середине 1970-х годов изменилась почти скачкообразно более, чем в два раза, после наступления периода самого мощного современного потепления климата. Рост температуры, связанный в основном с ростом содержания парниковых газов в атмосфере, начиная с середины 1970-х годов затушевывает 22-летнее колебание в изменении величин линейных трендов аномалий температуры в ряде районов Земного шара. Это особенно заметно в таких крупномасштабных районах Земного шара, как океан южного полушария (большинство сезонов года и год в целом), суша северного полушария (весна), суша Земного шара (весна и год в целом) и Мировой океан.

Анализ показывает, что чем больше пространственное осреднение (суша Земного шара и Мировой океан, океан южного полушария), тем в большей степени обнаруживает себя квази 22-летнее колебание в изменении величины линейных трендов аномалий температуры. Наиболее ярко это проявляется для периода, предшествующего современному потеплению.

В других районах Земного шара и сезонах года мощность 22-летних составляющих в изменении величины трендов аномалий температуры менее значительна и мало изменяется на протяжении всего доступного периода наблюдений. В большей степени это относится к теплым сезонам суши: северное полушарие (лето – VI–VIII), южное полушарие<sup>1</sup> (год, осень – III–V, зима – VI–VIII), Земной шар в целом (лето – VI–VIII).

Что касается изменений величины линейных трендов аномалий температуры в северном полушарии, то современное потепление климата, ярко выраженное во все сезоны года в период с 1976 по 2015 г., и предыдущее потепление, выраженное только в теплое время года (вторая половина лета и первая половина осени, VII–X месяцы), известное как потепление Арктики (1915–1940 гг.), сильно затушевало проявление квази 22-летнего колебания в изменении трендов.

**Заключение.** Детальный анализ изменений линейных трендов аномалий температуры Земного шара показал отчетливое и статистически значимое проявление 22-летнего магнитного солнечного цикла в пространственно-временных изменениях величины трендов. Существенное влияние на условия распространения заряженных частиц от Солнца и из космоса и, как следствие, интенсивность их притока в атмосферу Земли оказывает межпланетное магнитное поле (ММП). Самые оптимальные условия их распространения складываются на нисходящих ветвях четных 11-летних циклов, о чем свидетельствует устойчивая рекуррентность геомагнитной активности, когда в ее частотной структуре чаще отмечаются 13–14- и 27–28-дневные циклы. В это время ММП упорядоченно и стабильно, и поскольку продолжительность глобальных колебаний зональной циркуляции, определяемая внутренними факторами, изменяется от 2 до 4 недель и по продолжительности близка к указанным выше циклам в изменении геомагнитной активности, то можно предположить высокую степень развития резонансных явлений в атмосфере в эти фазы 22-летнего солнечного цикла. Периоды эффективного развития резонансных явлений приходятся на 1911–1914, 1930–1933, 1951–1954, 1973–1976, 1993–1996 гг. Статистическая значимость различий линейных трендов аномалий температуры Земного шара для этой ключевой выборки ( $n = 20$ ) по сравнению со всеми другими выборками такой же длительности оказалась чрезвычайно высокой, что говорит об особых условиях формирования наибольшего влияния заряженных частиц на атмосферу именно в эти годы.

Зимой складываются более благоприятные условия для проявления влияния низкоэнергетических частиц на атмосферу Земли, поскольку зимой и особенно в высоких широтах минимален или вовсе отсутствует приток солнечной радиации в атмосферу и она не затушевывает эффекты, связанные с вторжением заряженных частиц в атмосферу Земли. Кроме того, в течение зимнего сезона распространение планетарных волн в верхнюю атмосферу, куда проникают заряженные частицы, становится возможным только при наличии западных ветров в стратосфере. Таким образом, приток заряженных частиц модулирует условия отражения планетарных волн в верхней атмосфере. Это означает, что влияние заряженных частиц на атмосферу должно быть более выраженным зимой.

<sup>1</sup> В последнем случае, возможно, оказывает влияние и относительно малая площадь суши в южном полушарии.

И действительно, теснота связи 22-летних солнечных циклов и значений величин линейных трендов аномалий температуры оказалась несколько выше зимой, чем в другие сезоны года, и особенно на суше.

Не отрицая значительной роли парниковых газов в потеплении климата Земли, но принимая во внимание влияние на климатическую систему, в том числе «малых» климатообразующих факторов (солнечная и геомагнитная активность, гравитационные воздействия Юпитера и Сатурна) и автоколебаний в климатической системе, можно предложить альтернативный сценарий изменения климата Земного шара на ближайшие годы.

Величины аномалий температуры Земного шара в 2017–2019 (2020) гг. уменьшатся на 0,1–0,2 °С по сравнению с периодом 2014–2016 гг. в результате:

ослабления интенсивности Эль-Ниньо в океане и, как следствие, понижения температуры Земного шара;

снижения температуры в 60-летнем цикле, связанном с гравитационным воздействием Юпитера и Сатурна;

более сильного развития резонанса глобальных колебаний зональной циркуляции атмосферы продолжительностью от 2 до 4 недель с модулируемыми в атмосфере геомагнитной активностью колебаниями продолжительностью 27–28 и 13–14 дней, и, как следствие, понижения температуры и формирования отрицательных линейных трендов аномалий температуры в крупномасштабных районах Земного шара и Земного шара в целом.

#### Список использованных источников

1. Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий. Проблемы Киотского протокола / отв. ред. Ю. А. Израэль. – М.: Наука, 2006. – 408 с.
2. Груза, Г. В. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха / Г. В. Груза, Э. Я. Ранькова. – Москва: ИГКЭ, 2012. – 194 с.
3. Переведенцев, Ю. П. Теория климата / Ю. П. Переведенцев. – Казань: Казанский гос. ун-т, 2009. – 504 с.
4. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / eds.: T. F. Stoker [et al.]. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2013. – 1535 p. doi:10.1017/CBO9781107415324
5. Будыко, М. И. Климат в прошлом и будущем / М. И. Будыко. – Л.: Гидрометеоздат, 1980. С. 351.
6. Полонский, А. Б. Роль океана в изменениях климата / А. Б. Полонский. – Киев: Навукова думка, 2008. – 169 с.
7. Mokhov, I. I. Changes in atmospheric blocking characteristics within Euro-Atlantic region and Northern Hemisphere as a whole in the 21st century from model simulations using RCP anthropogenic scenarios / I. I. Mokhov, A. V. Timazhev, A. R. Lupo // Glob. Planet. Change. – 2014. – Vol. 122. – P. 265–270. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.09.004
8. Оль, А. И. Каталог индексов солнечной и геомагнитной активности / А. И. Оль, Б. Г. Шерстюков, Л. Т. Трофименко; под ред. В. Ф. Логинова. – Обнинск, 1979. – 152 с.
9. Логинов, В. Ф. Тренды, «скачки» и паузы в изменении глобальной и региональной температуры и их возможные причины / В. Ф. Логинов // Укр. географ. журн. – 2015. – № 1. – С. 12–19.
10. О колебаниях глобального климата за последние 150 лет / Н. М. Даценко [и др.] // Докл. Академии наук. – 2004. – Т. 399, № 2. – С. 253–256.
11. Оль, А. И. Новый метод сверхдолгосрочного прогноза солнечной активности / А. И. Оль, Г. И. Оль // Изв. АН СССР, сер. физическая. – 1980. – Т. 44, № 12. – С. 2369–2373.
12. NOAA National Centers for Environmental Information, Climate at a Glance: Global Time Series, published July 2016 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/>. – Date of access: 16.08.2016.
13. Атлас временных вариаций природных процессов. – М.: ОИФЗ РАН, 1994. – Т. 1: Порядок и хаос в литосфере и других сферах / отв. ред. А. В. Николаев и А. Г. Гамбурцев. – 176 с.
14. Statistica: Полное руководство пользователя. Гл. 11. StatSoft Russia. 2001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gendocs.ru/v1319/?cc=3&view=pdf>. – Дата доступа: 07.02.2017.
15. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

#### References

1. Israel Iu. A. (ed.) *Possibilities of prevention of climate changes negative consequences. Problems of the Kyoto Protocol*. Moscow, Nauka Publ., 2006, 408 p. (in Russian).
2. Gruzha G. V., Rankova E. Ya. *Observed and expected climate changes over Russia: surface air temperature*. Moscow, IGKE Publ., 2012, 194 p. (in Russian).
3. Perevedentsev Iu. P. *The climate theory*. Kazan, Kazan State University Publ., 2009. 504 p. (in Russian).
4. Stoker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V., Midgley P.M. (eds.) *IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment*

*Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 2013. 1535 p. doi.org/10.1017/CBO9781107415324

5. Budyko M. I. *Climate in the past and future*. Leningrad, Gidrometeo Publ., 1980, 351 p. (in Russian).
6. Polonskiy A. B. *Role of ocean in climate changes*. Kiev, Navukova dumka Publ., 2008, 169 p. (in Russian).
7. Mokhov I. I., Timazhev A. V., Lupo A. R. Changes in atmospheric blocking characteristics within Euro-Atlantic region and Northern Hemisphere as a whole in the 21<sup>st</sup> century from model simulations using RCP anthropogenic scenarios. *Global and Planetary Change*, 2014, vol. 122, pp. 265–270. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2014.09.004
8. Ol A. I., Sherstiukov B. G., Trofimenko L. T. *The catalogue of indexes of solar and geomagnetic activity*. Obninsk, 1979, 152 p. (in Russian).
9. Loginov V. F. Trends, «jumps» and pauses in global and regional temperature change and their possible causes. *Ukrainian Geographical Journal*, 2015, no. 1, pp. 12–19. doi.org/10.15407/ugz2015.01.012
10. Datsenko N. M., Monin A. S., Berestov A. A., Ivanchenko N. N., Sonechkin D. M. On global climate oscillations over the last 150 years. *Doklady Akademii Nauk* [Reports of Russian Academy of Sciences], 2004, vol. 399, no. 2, pp. 253–256 (in Russian).
11. Ol A. I., Ol G. I. New method of the superlong-term forecast of solar activity. *Izvestiya Akademii nauk SSSR. Seriya fizicheskaya* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics], 1980, vol. 44, no. 12, pp. 2369–2373 (in Russian).
12. NOAA National Centers for Environmental Information, Climate at a Glance: Global Time Series, published July 2016. Available at: <http://www.ncdc.noaa.gov/cag/time-series/> (accessed 16 August 2016).
13. Nikolaev A. V., Gamburtsev A. G. (eds.). *Atlas of natural processes. Vol. 1: Order and chaos in lithosphere and other spheres*. Moscow, Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences Publ., 1994. 176 p. (in Russian).
14. Statistica. The complete user's guide. Ch. 11. StatSoft Russia. 2001. Available at: <http://gendocs.ru/v1319/?cc=3&view=pdf> (accessed 07 February 2017).
15. Kobzar A. I. *Applied mathematical statistics. For engineers and scientist*. Moscow, Fizmatlit Publ., 2006. 816 p. (in Russian).

### Информация об авторах

Логинов Владимир Федорович – академик, д-р географ. наук, гл. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: [nature@ecology.basnet.by](mailto:nature@ecology.basnet.by).

Микуцкий Владимир Станиславович – канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220114, Минск, Республика Беларусь). E-mail: [m-vs@ecology.basnet.by](mailto:m-vs@ecology.basnet.by).

### Для цитирования

Логинов, В. Ф. Изменения климата Земного шара и их возможные причины / В. Ф. Логинов, В. С. Микуцкий // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2017. – Т. 61, № 3. – С. 89–96.

### Information about the authors

Loginov Vladimir Fedorovich – Academician, D. Sc. (Geography), Chief researcher. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [nature@ecology.basnet.by](mailto:nature@ecology.basnet.by).

Mikutskiy Vladimir Stanislavovich – Ph. D. (Physics and Mathematics), Leading Researcher. Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220114, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [m-vs@ecology.basnet.by](mailto:m-vs@ecology.basnet.by).

### For citation

Loginov V. F., Mikutskiy V. S. Global climate changes and their possible reasons. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus], 2017, vol. 61, no. 3, pp. 89–96 (in Russian).