

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕЛИОКОСМИЧЕСКИХ  
И КЛИМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО  
ПОТЕПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТНОГО ФАЗОВОГО АНАЛИЗА**

**Алексеев Валерий Иванович**

*доктор технических наук,*

*профессор кафедры цифровых технологий*

*Института цифровой экономики*

*ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»*

*Ханты-Мансийск, Россия*

*E-mail: v\_alekseev@ugrasu.ru*

*Актуальность исследования обусловлена необходимостью установления истинных причин и закономерностей изменений температур в странах и континентах, климата на Земле.*

*Цель: установление закономерностей и причин изменений гелиокосмических, климатических переменных в условиях глобального потепления.*

*Объекты: временные ряды гелиокосмических, глобальных и региональных климатических переменных, магнитных полей Солнца и Земли.*

*Методы: разработанный автором вейвлетный фазовый метод взаимодействия переменной с группами гелиокосмических и климатических факторов, магнитных полей Солнца и Земли в частотной и временной областях, сравнительный анализ.*

*Результаты: 1. В вейвлетной фазо-частотной области по силе влияния солнечной энергии, гелиокосмических переменных, изменяющиеся барицентрическими движениями Солнца, гравитационными силами, изменения температур в странах и континентах, в частях света, разделяются на несколько классов, значительно, положительно и отрицательно согласованные с изменениями барицентрических движений Солнца, гелиокосмических переменных; распределения классов изменений температур на континентах значительно согласованы с распределением аномального магнитного поля Земли с полюсами в Канаде, Восточной Сибири (Якутии), Бразилии, Южной Америке и Африке, Антарктике, в странах Среднего и Ближнего Востока. 2. При этом наблюдается высокая согласованность изменений географического и магнитных полюсов Земли, изменений глобальной температуры, температуры в зоне 60-85° с.ш., в северном полушарии, в Арктике с изменениями магнитных полей Солнца и Земли, солнечного ветра, согласованные с изменениями барицентрических движений Солнца, гелиокосмических переменных; наблюдается сравнительно низкое влияние изменений магнитного поля Солнца на изменение температуры в южном полушарии. 3. На графиках изменений фазо-временных характеристиках температурных переменных в современности в странах и континентах, температур в арктических зонах Северного полушария, осадков в районах арктических морей, аномалий годовых сумм прямой солнечной радиации, солнечного сияния по территории России, гелиокосмических и климатических факторов, определяющих климат на Земле, полученных в разных интервалах времени, отображаются разнонаправленно, хаотически изменяющиеся фазовые структуры, переходящие в соответствии с изменениями барицентрических движений Солнца, в организованные однонаправленно изменяющиеся структуры, приводящие к усилению естественного парникового эффекта, усилению взаимодействия, генерации парниковых газов и приземной температуры в атмосфере с проявлением глобального потепления – явления, наблюдаемого в самоорганизующихся сложных динамических системах.*

*Ключевые слова: временные ряды гелиокосмических и климатических переменных, вейвлетные фазо-частотные и фазо-временные характеристики сигнала, саморганизуемая климатическая система, парниковый эффект, глобальное потепление*

## **STUDY OF CONSISTENCY OF CHANGES IN HELIOCOSMIC AND CLIMATIC VARIABLES UNDER GLOBAL WARMING BASED ON WAVELET PHASE ANALYSIS**

**Valeriy I. Alekseev**

*Doctor of Technical Sciences,  
Professor of the Department of Digital Technologies,  
Institute of Digital Economy,  
Yugra State University,  
Khanty-Mansiysk, Russia  
E-mail: v\_alekseev@ugrasu.ru*

*The relevance of the research is due to the need to establish the true causes and regularities of temperature changes in countries and continents and climate on Earth.*

*Objective: to establish the regularities and causes of changes in heliocosmic and climatic variables under conditions of global warming.*

*Objects: time series of heliocosmic, global and regional climatic variables, magnetic fields of the Sun and the Earth.*

*Methods: the wavelet phase method of interaction of a variable with groups of heliocosmic and climatic factors, magnetic fields of the Sun and the Earth in frequency and time domains, the comparative analysis developed by the author.*

*Results: 1. In the wavelet phase-frequency domain on the strength of the influence of solar energy, heliocosmic variables, changing barycentric movements of the Sun, gravitational forces, temperature changes in countries and continents, parts of the world, are divided into several classes, significantly, positively and negatively coordinated with changes of barycentric movements of the Sun, heliocosmic variables; distribution of classes of temperature changes on continents significantly coordinated with the distribution of the anomalous magnetic field of Earth with poles 2. At the same time there is a high consistency of changes in geographical and magnetic poles of the Earth, changes in global temperature, temperature in the zone 60-85 ° N, in the northern hemisphere, in the Arctic with changes in the magnetic fields of the Sun and Earth, solar wind, consistent with changes in the barycentric movements of the Sun, heliocosmic variables; there is a relatively low influence of the solar magnetic field changes on temperature change in the southern hemisphere. 3. On graphs of changes of phase-time characteristics of temperature variables in modernity in countries and continents, temperatures in Arctic zones of Northern hemisphere, precipitation in areas of Arctic seas, anomalies of annual sums of direct solar radiation, solar lights on territory of Russia, heliocosmic and climatic factors determining climate on Earth, received in different time intervals, differently, chaotically changing phase structures are displayed, changing according to changes of baricenter motion.*

*Keywords: time series of heliospace and climate variables, wavelet phase-frequency and phase-time signal characteristics, self-organizing climate system, greenhouse effect, global warming*

---

### **Введение**

Текущее состояние климата и его изменения волнует человечество во все времена и в особенности в современности, когда эти изменения сопровождаются неравномерным потеплением на континентах и полушариях, ростом в настоящем и ожиданием в будущем опасных природных явлений (ОЯ) и значительными ущербами; при этом характерно толкование причин многих изменений ростом антропогенного, углеродного фактора, усиления парникового эффекта.

В основу исследований, представленных в статье, приняты положения о том, что: а) изменения параметров всех природных сред обусловлены одновременными влияниями двух групп факторов: гелиокосмических и климатических (изменяются влияниями гелиокосмических переменных), ведущим из которых является барицентрические движения Солнца; б) изменения переменных отображаются на изменениях их вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик; в) результаты изменений группы исследуемых переменных могут быть представлены в двух системах координат: в фазо-частотном и фазо-временном, полученных в равных интервалах наблюдений по времени; согласованности изменений графиков группы переменных оцениваются двумя матрицами линейных корреляций [1-3].

**Цель исследований:** используя введенные положения, показать циклическую изменчивость согласованностей вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик группы гелиокосмических и климатических переменных от хаотически разнонаправленных изменений к локальным по времени однонаправленным согласованным изменениям, усилению естественного парникового эффекта с проявлением глобального потепления, обусловленные барицентрическими движениями Солнца и гелиокосмических переменных, свойственных сложной самоорганизующейся климатической системе.

### **Результаты исследований и обсуждения**

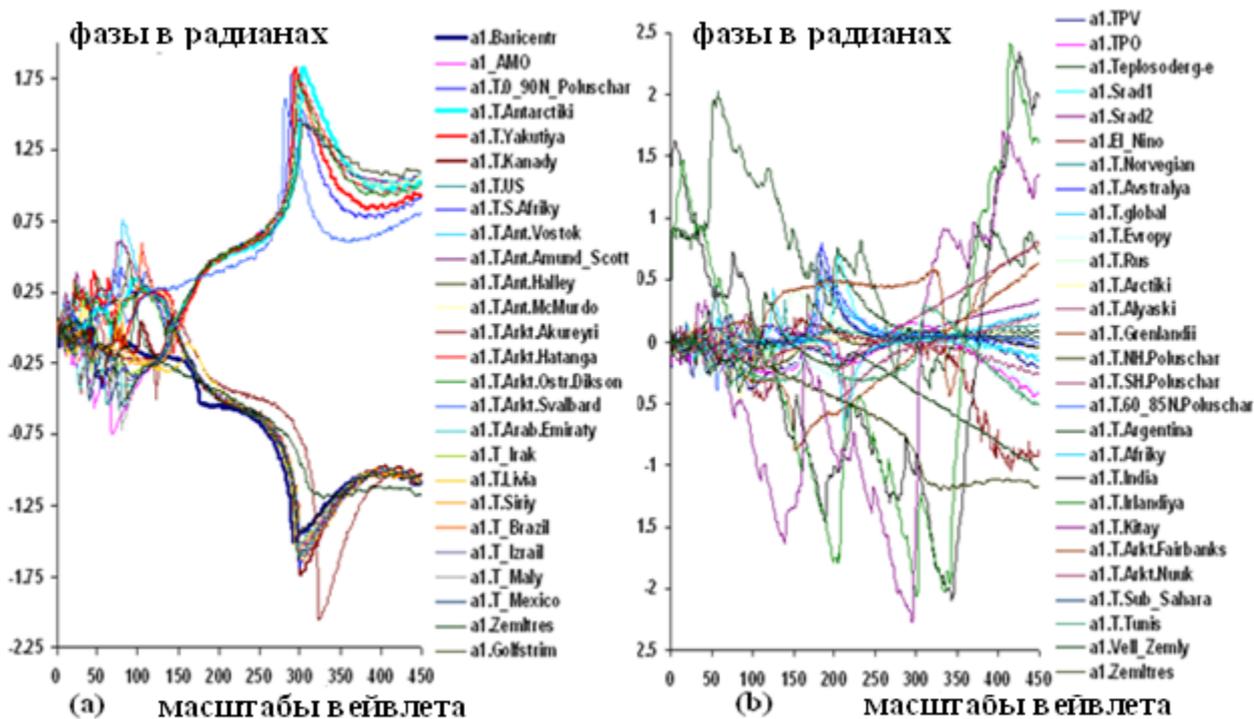
#### **Вейвлетный фазовый анализ изменений температур в странах и континентах**

Исследования основаны на использовании вейвлетного фазового метода анализа климатических данных, изложенного и использованного в [1-3] с проведением следующих действий: 1) определение набора исследуемых, сравниваемых переменных  $f_i(t)$   $i = 1, \dots, n$ , – временных рядов; 2) получение вейвлет-преобразований  $\varphi_{f_i}(a, b)$  [1]; 3) вычисление фазо-частотных  $a1 = \varphi_{f_i}(a, \bar{b})$  и фазо-временных  $a2 = \varphi_{f_i}(\bar{a}, b)$  характеристик в равных интервалах времени, где  $\bar{a}$ ,  $\bar{b}$  знаки вычислений средних в преобразованиях  $\varphi_{f_i}(a, b)$ :  $a1 = \varphi_{f_i}(a, \bar{b})$  – усреднение матрицы  $\varphi_{f_i}(a, b)$  по столбцам (времени  $b$ );  $a2 = \varphi_{f_i}(\bar{a}, b)$  – усреднение матрицы  $\varphi_{f_i}(a, b)$  по строкам (масштабам вейвлета); 4) построение графиков функций  $\varphi_{f_i}(a, \bar{b})$  и  $\varphi_{f_i}(\bar{a}, b)$  на двух рисунках; 5) вычисление двух матриц корреляций  $A(\varphi_{f_i}(a, \bar{b}))$  и  $A(\varphi_{f_i}(\bar{a}, b))$  между одноименными характеристиками переменных; б) анализ результатов. Здесь  $a$  – задаваемый исследователем масштаб вейвлета 'cgau5', зависящий от состава частот сигнала  $f(t)$ , временного интервала наблюдения  $b \subseteq [t_n, t_k]$ ,  $t_n$  – начало и конец наблюдения сигнала с отчетами с единичным шагом. В исследованиях используется положение: а) гелиокосмические переменные подвергаются взаимовоздействию и воздействию барицентрических движений Солнца; б) климатические переменные подвергаются взаимовоздействию и воздействию гелиокосмических переменных.

В группу, влияющих на изменение приземных температур на континентах включены гелиокосмические и климатические переменные. В составе гелиокосмических факторов использованы графики изменений: барицентрических движений Солнца (Baricentr), солнечной активности (Sact), многолетней солнечной инсоляции (Insol), угла наклона земной оси к плоскости орбиты (Naklon), вулканических извержений (Vulkan), общего содержания озона (OCO) в единицах Добсона в районе Ароза (OCO.Aroza), парниковых газов ( $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $N_2O$ ), уровня мирового океана (УМО). В составе климатических переменных использованы изменения переменных: температуры воздуха над сушей (TPV) и океаном (ТРО), теплосодежание океана в 700 метровом слое (Теплосодерж-e), приходящей к Земле солнечной радиации (Srad1), разность солнечной радиации, приходящей в экваториальную и по-

лярные области Земли (Srad2), южные осцилляции (El-Nino), глобальной температуры (T.global) [1-2]. Исследованы изменения приземных температур в странах и на континентах: Австралии (T.Australii) [4], Европы (T.Evropy) [5], России (T.Rus) [6], Антарктики (T.Antarktiki) [7], Арктики (T.Arktiki) [7], Канады (T.Kanady) [8], Аляски (T. Alyaski) [8], Гренландии (T.Grenlandii) [9], Якутии (T.Yakutiya) [10], центральной Африки (T.Afriky) [11] и южной Африки (T.S. Afriky) [11], Индии (India) [12], объединенной Америки (T.US) [13], Ирландии (T.Ireland) [14], Аргентины (T.Argentina) [15], Китая (T.Kitaj) [16], в двух (южном и северном) полушариях земного шара (T.SH.Polushary, T.NH.Polushary) [17], в зоне 60-85° NH Северного полушария [18], изменения температур на метеостанциях в Арктике [7]: Fairbanks (64,8 N, 147,9 W), Nuuk (64,2 N, 51,8 W), Akureyri (65,7 N, 18,1 W), Svailbard (78,2 N, 15,5 E), Ostrov Dikson (73,5 N, 80,4 E), Hatanga (72,0 N, 102,5 E), Антарктике [7]: Halley (75,5 S, 26,6 W), Vostok (78,5 S, 106,9 E), Amundsen-Scott (90,0 S, 0,0 E; South Pole), McMurdo (77,8 S, 166,7 E); изменения скорости вращения Земли [19], количества землетрясений (Zemletres) [20], Гольфстрима (Golfstrim) [21], Северо-Атлантического колебания (АМО) [22].

На графиках рисунка 1 приведены изменения фазовых характеристик исследуемых групп переменных.



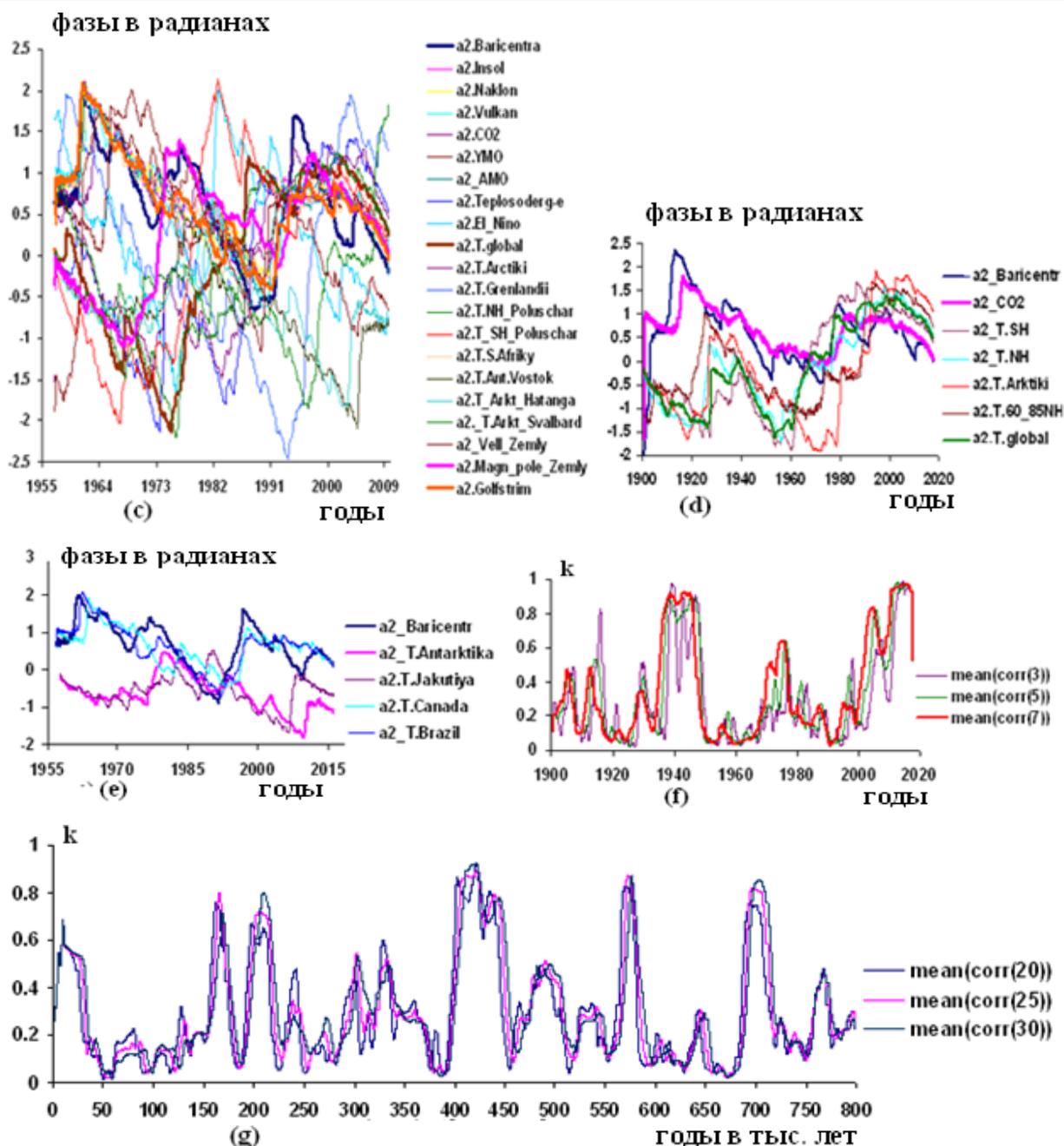


Рисунок 1. Графики: (a) фазо-частотных характеристик изменений барицентрических движений Солнца (Baricentra) [23], AMO, Zemletres, Golsfrim, изменений температур воздуха в северных широтах (0-90°), Антарктике, Якутии, Канаде, на станциях Akureyri, Hatanga, Ostr.Dikson, Svalbard в Арктической зоне, на станциях Halley, Vostok, Amundsen-Scott, McMudro в Антарктической зоне, на территориях Соединенных Штатов (US), южной Африки, Ирака, Ливии, Сирии, Бразилии, Израиля, Мали, Мексики; (b) фазо-частотных характеристик климатических переменных (TPV, TPO, Teplosoderganie, Srad1, Srad2, El-Nino, Temp.global), изменений температур в Норвегии, Австралии, Европе, России (Rus), Арктике, Аляске, Гренландии, в северном и южном полушариях (NH,SH. Poluschar), в зоне 60-85° NH.Poluschar, Аргентине, Суб-Сахаре и центральной Африки, Индии, Ирландии, на станциях Arkt.Fairbanks, Arkt. Nuuk (Арктической зоны), в Тунисе; (c) фазо-временных характеристик гелиокоcмических переменных (Baricentr, Insol, Naklon, Vulkan, CO<sub>2</sub>, YMO, AMO), климатических переменных (Teplosoderganie, El-Nino, Temp.global), изменений температур в Арктике, Гренландии, в полушариях Земли NH и SH, в Южной Африке, на станции Восток в Антарктике, на станциях Hatanga, Svaibard Арктики, изменений скорости вращения и магнитного поля Земли, изменений температуры течения Гольфстрим по наблюдениям в 1956,9-2009,5 гг; (d) фазо-временные характеристики: Baricentr, CO<sub>2</sub>, изменений температур в

полушариях Т.ШН, Т.НН, в Арктике, в зоне Т.60-85° НН с.ш., Т.global по наблюдениям 1900,8-2017,7 гг., разности фаз  $a_2$ . Т.global- $a_2$ .  $CO_2$ ; (е) фазо-временных характеристик: Baricentr, температур в Антарктике, Канаде, Якутии и Бразилии по наблюдениям в 1956,9-2016,5; (ф) коэффициента (k) согласованностей изменений фазо-временных характеристик группы 8 переменных (Baricentr,  $CO_2$ , Т.ШН, Т.НН, Т.Arktiku, Т.0-90НН, Т.60-85НН, Т.global) по наблюдениям в 1900,8-2017,7 гг.; (g) коэффициента (k) согласованностей изменений фазо-временных характеристик группы переменных: кривой инсоляции М. Миланковича для 65° с.ш. (Insol), угла наклона земной оси к плоскости орбиты (Naklon), эксцентриситета и климатической прецессии орбиты Земли [24], магнитосферы Земли [25], парниковых газов  $CH_4$ ,  $CO_2$ , приземной температуры (Temp), полученные бурением ледовых скважин в Антарктике [26], соответствующие изменению истории климата от современности до 800 тыс. лет в прошлом с точностной характеристикой около тыс. лет [26].

В изменении вейвлетных фазо-частотных характеристик температур воздуха объектов, приведенных на графиках рисунка 1 следуют закономерности: 1) по силе влияния солнечного излучения, гелиокосмических переменных, изменяющиеся барицентрическими движениями Солнца, гравитационными силами, изменения температур, природных сред в странах и континентах, в частях света, разделяются на несколько классов; 2) на графиках (а) рисунка 1 выделены два класса объектов, значительно, с  $k = |0,74-0,99|$ , положительно и отрицательно согласованные с изменениями гелиокосмических переменных, с изменениями барицентрических движений Солнца (гравитационных сил); к группе переменных, положительно согласованных с изменениями барицентрических движений Солнца относятся изменения температур в: Канаде (канадская Арктика), в жарких регионах: Соединенных Штатов Америки (US), Южной Африки, Арабских Эмиратов [27], Ирака [28], Ливии [29], Сирии [30], Израиля [31], Мали [32], Мексики [33], Бразилии [34], в Курской области [35] и в холодном районе Арктической станции Акюреуги (Исландия, влияние Гольфстрима), а также потока солнечного ветра [36], Гольфстрима; к группе переменных, отрицательно согласованных с изменениями барицентрических движений Солнца относятся изменения температур в холодных районах: зона 0-90°N с.ш., Якутия, Антарктика в целом и ее районы: Halley, Vostok, Amundsen-Scott, McMurdo, районы Арктических станций: Ostrov Dikson, Natanga, Svalbard (Норвегия. холодный край). 3) Отметим, что районы Канады, Якутии, Южной Америки и Африки, Антарктики относятся к областям магнитных аномалий и областями их притяжений, показывая, что магнитное поле Земли, управляемое солнечным ветром, барицентрическими движениями Солнца, является главным участником управления климатом на Земле; 4) На изменения температур объектов, приведенных на графиках (а) рисунка 1, существенны, с  $k = |0,10-0,96|$  и изменения климатических переменных, с наибольшими влияниями YMO, TPV, Srad2, El-Nino, изменения течения Гольфстрима и колебания АМО, изменения скорости вращения Земли и землетрясения, присутствует и изменение магнитного поля Земли. 5) В частотной области, на графиках (b) рисунка 1, выделяется семейство температурных переменных, изменяющихся почти симметрично с  $k \sim |0,10-0,75|$  влияниями гелиокосмических и климатических переменных с размахом  $\pm 0,25$  по фазе на высоких периодах изменений переменных, влияниями изменений скорости вращения и магнитного поля Земли, также изменяющихся барицентрических движений Солнца. 6) Выделяются изменения температур в Индии, Ирландии, Китае, отличающихся от большинства значительным размахом с  $\pm 2,25$  радиан в фазовых изменениях, характеризующее значительные перепады температур в регионах. 7) На графиках (а) и (b) рисунка 1 выделяется масштаб вейвлета  $a \approx 300$ ; на временной оси, на графиках (с), (d) рисунка 1 характеристик переменных, соответствующее 1987-1992 годам, происходит перестройка изменений переменных из разнонаправленных, решетчатых, хаотических в согласованные однонаправленные изменения с взаимоусилением парниковых газов и температурных изменений на Земле, парникового эффекта [37, 38]; 7) на графиках (d) временных характеристик переменных отображаются согласованности и перестройки изменений  $CO_2$ , температурных переменных в регионах, в полушариях, глобальной температуры в

современности с изменениями барицентрических движений Солнца *Baricentr*; наблюдается рост приземной температуры с 1954,4 года и ее рост превышает рост  $CO_2$  с 1970 г.; рост глобальной температуры устойчиво превышает рост  $CO_2$  с 1987 года. 8) На графиках (e) фазо-временных характеристик рисунка 1 отражается изменения переменной *Baricentr* в согласованности с изменениями температуры в Канаде и Бразилии в противофазе с изменениями температур в зонах Антарктики и Якутии, обусловленные влиянием магнитного поля Земли. 9) На графиках (f) рисунка 1 отражаются изменения коэффициентов согласованностей температурных переменных в Арктике, в полушариях, глобальной температуры, управляемые изменениями барицентрических движений Солнца, приведенных на графиках (d) рисунка 1; кривые получены усреднением коэффициентов корреляций по наблюдениям 3, 5 и 7 лет в скользящем режиме по 10 дискретов между годами. 10) На графиках (g) рисунка 1 отображаются изменения коэффициентов корреляций вейвлетных фазо-временных характеристик группы гелиокосмических переменных: кривой инсоляции М. Миланковича для  $65^\circ$  с.ш. (*Insol*), угла наклона земной оси к плоскости орбиты, эксцентриситета и климатической прецессии орбиты Земли, магнитосферы Земли, парниковых газов и климатической приземной температуры (*Temp*), полученные бурением ледовых скважин в Антарктике, соответствующие изменению истории климата от современности до 800 тыс. лет в прошлом. Графики получены усреднением коэффициентов корреляций группы переменных, вычисленные в текущие моменты времени, по наблюдениям 20, 25 и 30 тыс лет в скользящем режиме; в изменениях кривых наблюдаются циклы значительных взаимоусиления переменных с  $k = 0,76-0,91$  с продолжительностями до 50 тыс. лет.

#### **Вейвлетный фазовый анализ изменений магнитного полей Солнца и Земли, изменений географического полюса и скоростей изменений магнитных полюсов Земли по наблюдениям в 1910,9–1999,8 годы**

В группу исследуемых переменных включены изменения: барицентрических движений Солнца (*Baricentr*), солнечной активности (*Sact*), угла наклона Земли (*Naklon*), вулканических извержений (*Vulkan*), двуокиси углерода ( $CO_2$ ), Землетрясений (*zemletryas-e*), индекса – аа геомагнитной активности (*Ind –aa Sun*) [25], напряженности магнитного поля гелиосферы у Земли (*Napr.M.pole.Sun*) [39], скорости солнечного ветра (*vel.Sun.veter*) [36], магнитного поля Земли (*M.pole.Zemly*) [40], скорости вращения Земли (*Vel.Zemly*) [19], северного географического полюса Земли (*R.geograf.polus*) [41], скорости изменений северного и южного магнитных полюсов Земли (*Vel. magn.pol.N, Vel.magn.pol.S*) [42].

В изменении графиков фазовых характеристик гелиокосмических переменных, содержащих и изменения магнитных полей Земли и Солнца,  $CO_2$ , *T.global*, солнечного ветра, движений географического полюса и магнитных полюсов Земли наблюдаются следующие закономерности: 1) На графиках (a) рисунка 2 наблюдается относительная смещенность частот изменений составляющих группы на низких частотах (высоких масштабах вейвлета), отрицательность фаз изменений скорости вращения Земли и приземной температуры относительно изменений фаз в группе; 2) высочасованное однонаправленное изменение всей группы переменных с  $k = (0,48-0,97)$  в частотной области за исключением изменений скорости вращения Земли с  $k = - (0,55-0,90)$  с отрицательной фазой, обусловленное откликом неоднородной по строению Земли на воздействия Солнца и его планет [43]; при этом изменения географического и магнитных полюсов Земли наиболее согласованы с изменениями барицентрических движений Солнца, землетрясений и магнитного поля Земли с  $k = 0,81 (0,01)$  по наблюдениям в 1910,9-1999,8. 3) В фазо-частотной области наблюдается высокая согласованность изменений  $CO_2$  с изменениями гелиокосмических переменных, магнитного полей Солнца и Земли, географических и магнитных полюсов Земли с  $k = 0,57-0,95$ ; приземной температуры с  $k = - (0,18-0,79)$ . 4) В фазо-временной области изменения трех полюсов Земли

(географического и магнитных) согласованы с изменениям других переменных в группе с  $k = 0,29-0,57$ ; на графиках (b) и (d) фазо-временных характеристик рисунка 2 проявляется высокая согласованность изменений магнитных полей Солнца и Земли, гелиокосмических переменных, магнитных и географического полюса Земли, а также изменений  $CO_2$  и глобальной температуры  $T_{global}$  в наблюдаемом интервале времени, проявляется выраженная изменчивость, согласованность, перестройка изменений переменных по фазе и времени, быстрый рост приземной температуры, опережающий рост  $CO_2$  с  $\sim 1980$  года с изменениями барицентрических движений Солнца; проявляется следование изменений всех переменных в группе за изменениями барицентрических движений Солнца.

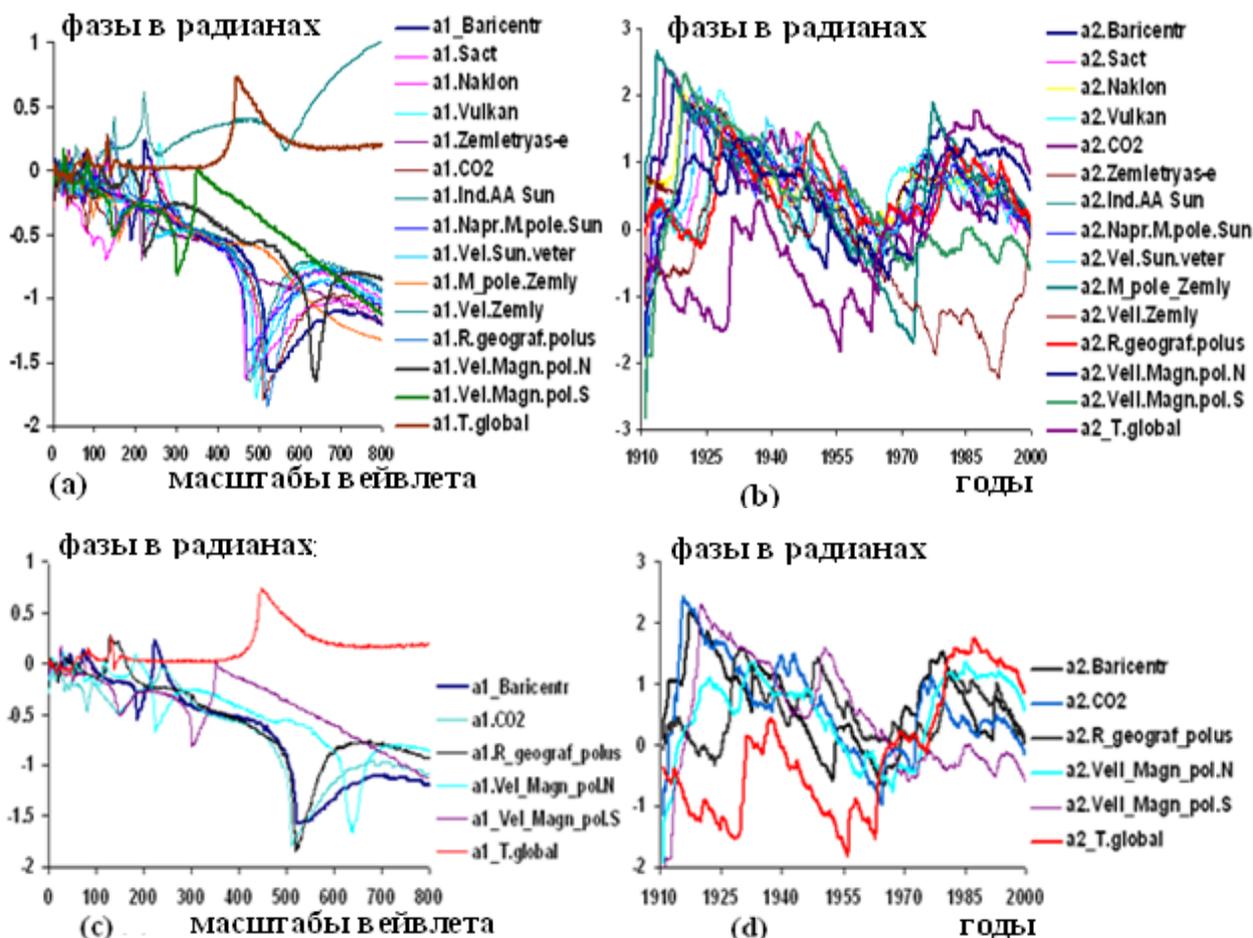


Рисунок 2. Графики изменений вейвлетных: (a) и (b) фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических переменных (барицентрических движений Солнца (Baricentr), солнечной активности (Sact), угла наклона Земли (Naklon), вулканических извержений (Vulkan), двуокси углерода ( $CO_2$ ), землетрясений (zemletrys), индекса геомагнитной активности (Ind-aa), напряженности магнитного поля гелиосферы у Земли (Napr.M.pole.Sun), скорости изменений солнечного ветра (vel.Sun.veter, скорости вращения Земли (vel.Zemly), географического полюса Земли (R.geograf.polus), скорости изменений магнитных полюсов Земли: северного (vel.magn.pol.N), южного (vel.magn.pol.S); глобальной температуры (T.global); (c) и (d) фазо-частотных и фазо-временных характеристик: барицентрических движений Солнца, двуокси углерода  $CO_2$ , географического полюса Земли, скорости изменений магнитных полюсов Земли: северного и южного, глобальной температуры T.global

**Фазовый вейвлетный сравнительный анализ изменений температур воздуха: глобальной, в зоне 60-85° с.ш., в северном и южном полушариях и в арктической зоне по наблюдениям в 1900-2000 годы**

На графиках рисунка 3 приведены вейвлетные фазовые характеристики изменений группы исследуемых переменных: гелиокосмических, изменений магнитных полей Солнца и Земли, температурных переменных в полушариях Земли

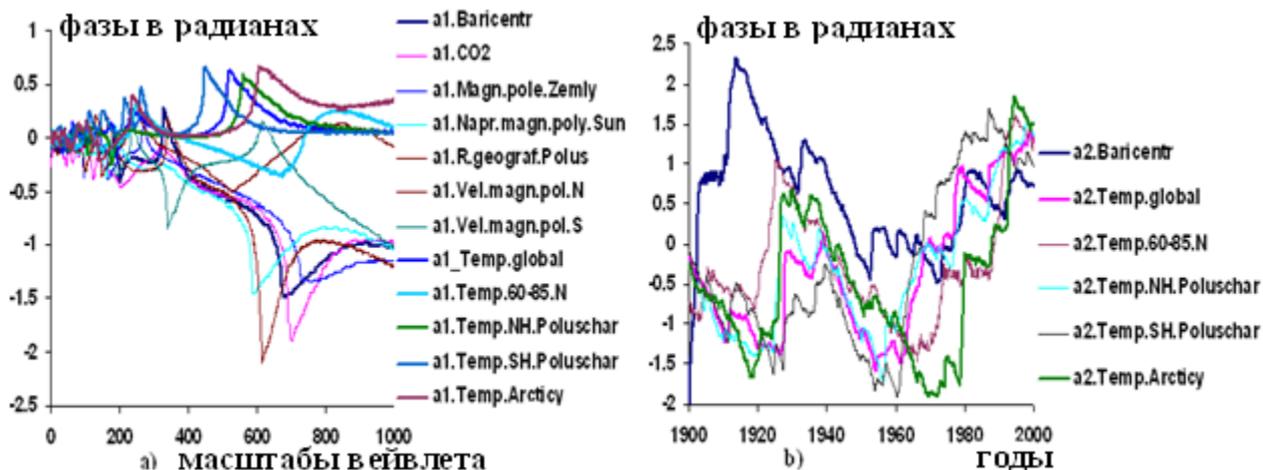


Рисунок 3. Графики изменений вейвлетных: (а) фазо-частотных характеристик: барицентрических движений Солнца (Baricentr), двуокиси углерода  $CO_2$ , магнитного поля Земли (Magn.pole.Zemly), напряженности магнитного поля гелиосферы у Земли (Napr.magn.poly.Sun), географического полюса от условного международного начала координат (R.geograf.Polus), скоростей изменений магнитных полюсов Земли, северного и южного (Vel.magn.pol.N and S); температур: глобальной (Temp.global), в зоне 60-85° северной широты (Temp.60-85.N), в северном и южном полушариях (Temp.NH.Poluschar and SH.Poluschar), в Арктике (Temp.Arcticy); (б) фазо-временных характеристик: Baricentr, Temp.global, Temp.60-85.N, Temp.NH.Poluschar and SH.Poluschar, Temp.Arcticy

На графиках (а) рисунка 3 фазо-частотных характеристик переменных наблюдается условное разделение изменений группы на подгруппы, отличающиеся смещенностью по частотам и фазам. При этом изменения переменных: Baricentr,  $CO_2$ , магнитного поля Земли, напряженности магнитного поля гелиосферы у Земли, географического полюса Земли с относительно смещенными частотами образуют одну подгруппу, изменения всех температурных переменных образуют вторую подгруппу, в которой изменение температуры в зоне 60-85° N отличается по частотам от изменений температур в других зонах; изменения скоростей магнитных полюсов Земли происходят в противофазах со смещенными частотами.

На графиках (б) рисунка 3 фазо-временных характеристик переменных наблюдается согласованные изменения температурных переменных в выделенных пяти зонах с изменениями барицентрических движений Солнца, следование изменений температурных переменных в фазах и противофазах (направленностях) за изменениями движений Солнца в системе.

Таблица – Коэффициенты согласованностей изменений в температурных зонах земного шара с изменениями гелиокосмических факторов, магнитных полей Земли и Солнца и климатических переменных в фазо-частотной области (в скобках указаны стандартные отклонения от средних)

| variables       | T.global     | T.(60-85°) N | T.NH        | T.SH        | T.Arctic     |
|-----------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| heliococmic     | -0,46 (0,10) | 0,33 (0,10)  | 0,30 (0,11) | 0,04 (0,06) | -0,76 (0,07) |
| magnetic fields | -0,43 (0,24) | 0,49 (0,32)  | 0,29 (0,29) | 0,07 (0,04) | -0,77 (0,06) |
| climatic        | 0,04-0,63    | 0,36-0,72    | 0,01-0,55   | 0,17-0,68   | 0,04-0,36    |

В исследованиях, представленных в таблице, наблюдаются значительные отличия изменений температур в введенных зонах земного шара, обусловленные отличиями влияний действующих факторов: (гелиокосмических (гравитационных сил, энергии Солнца), магнитных полей Солнца и Земли, климатических); значительных влияний изменений климатических переменных на изменение глобальной температуры, температуры в зонах  $(60-85^{\circ})$  N и T.SH (южного полушария); наблюдается слабое влияние изменений магнитного поля Солнца на изменчивость температуры в южном полушарии и значительное их влияние на изменчивость температуры в Арктике, скорее всего обусловленное влиянием аномалий магнитного поля Земли, расположенных на территориях Канады и Восточной Сибири (Якутии), согласованные с изменениями барицентрических движений Солнца с разными знаками.

### Вейвлетный фазовый анализ изменений температуры воздуха в свободной атмосфере, потеплений в тропосфере и похолоданий в нижней тропосфере для сезонов Северного полушария по наблюдения в 1981-2020 гг

Отклики сезонных изменений температур в свободной атмосфере Северного полушария на воздействия гелиокосмических и климатических переменных исследованы в составе группы: Baricentr, Sact, Naklon; Srad1, Srad2, TPO, TPV, Temp.global; изменений сезонных аномалий температур (leto, oseny, zima, vesna) Северного полушария в тропосфере и стратосфере [18].

На графиках рисунка 4 приведены графики изменений фазо-частотных и фазо-временных характеристик группы переменных.

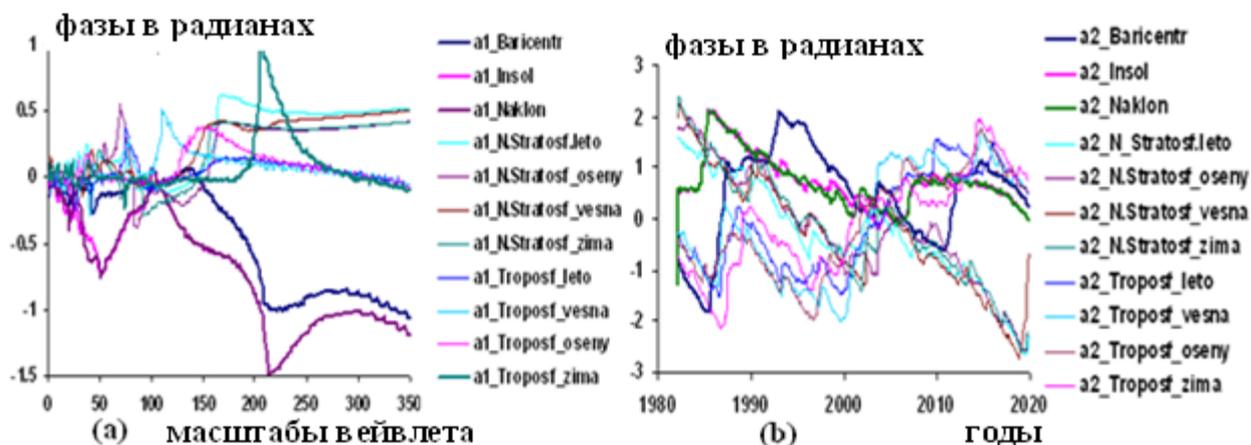


Рисунок 4. Графики изменений вейвлетных: (а) фазо-частотных и (б) фазо-временных характеристик гелиокосмических (Baricentr, Insol, Naklon) переменных и изменений сезонных аномалий температуры (leto, oseny, vesna, zima) в свободной атмосфере: стратосфере и тропосфере (Stratof, Tropof)

В откликах фазовых характеристик исследуемых переменных, сезонных изменений температуры в свободной атмосфере на воздействия гелиокосмических и климатических переменных, обнаруживаются следующие закономерности: 1) существенные отличия изменений температур в нижней стратосфере и тропосфере на воздействия гелиокосмических переменных в частотной области; изменения температуры в стратосфере значительно и однонаправлено согласованы с  $k = -0,83$  (0,03); в тропосфере эти изменения разнонаправлены в сезонах: зимой согласованы с  $k = -0,42-0,52$ , летом с  $k = -0,19-0,32$ , весной с  $k = 0,24-0,30$  и осенью с  $k = 0,05-0,17$ ; эти отличия отображаются на графиках (а) рисунка 4 фазо-частотных характеристик переменных. 2) В частотной области влияния климатических переменных на изменчивость температур в нижней стратосфере и тропосфере различны: а) на изменчивость температуры в нижней стратосфере существенны влияния Srad1, Srad2, TPO с  $k = 0,41-0,76$  и незначительны влияния TPV и глобальной температуры с  $k = 0,02-0,16$ ; б) сезонная изменчивость температуры в тропосфере разнонаправленно согласована с измене-

ниями климатических переменных с  $k = |0,08-0,81|$ , наблюдается значительная согласованность изменений зимней температуры в тропосфере изменениями Temp.global, TPV, Srad1. 3) Во временной области наблюдается значительная изменчивость температуры в нижней стратосфере изменениями климатических переменных с  $k = |0,53-0,77|$  по сравнению с влиянием гелиокосмических переменных с  $k = |0,29-0,56|$ . 4) На графиках (b) рисунка 4 изменений фазо-временных характеристик переменных, изменений температур в стратосфере и тропосфере, наблюдается решетчатая структура изменений переменных, сходящихся и однонаправленно изменяющихся гелиокосмических, климатических и сезонных температурных изменений в тропосфере в последние десятилетия, обусловленные соответствующими изменениями этих переменных в частотной области.

**Вейвлетный фазовый анализ аномалий среднегодовых температур воздуха для отдельных районов арктических морей и широтной зоны 60–85° Северного полушария по наблюдениям в 1937–2019,2 гг**

В группе исследуются подгруппы переменных: гелиокосмических (Baricentr, Insol, Naklon), климатических (T.global, Srad1, Srad2, TPO, TPV), температур воздуха для отдельных районов и широтной зоны 60-85° (Аляски (Alaska.rn), Атлантики (Atlantika.rn), Чукотки (Chukotka.rn), Канады (Kanada.rn, Зоны 60-85° (Zona,60-85°N), Северной Европы (Sever.Evropa.rn), Восточной Сибири (Vostok.Sibir.rn), Западной Сибири (Zanad.Sibir.rn) [18].

В откликах исследуемых переменных, температур воздуха в районах Арктических морей и зонах Северного полушария, на воздействия гелиокосмических и климатических переменных проявляются следующие закономерности: 1) в частотной области наблюдаются значительные с  $k = -0,47$  (0,14) однонаправленные влияния гелиокосмических переменных и разнонаправленные, с  $k = |0,08-0,73|$ , влияния климатических переменных на изменчивость температур в районах Арктики и арктических морей, с наибольшими влияниями изменений глобальной температуры, солнечных радиаций Srad1, Srad2 и TPV; 2) во временной области проявляются преимущественные влияния климатических факторов, с  $k = |0,17-0,91|$ , на изменчивость температуры в Арктике по сравнению с влиянием гелиокосмических факторов с  $k = |0,04-0,30|$ ; 3) на графиках (a) и (b) рисунка 5 фазо-частотных характеристик переменных наблюдается однонаправленная высокая согласованность изменений температур в арктической зоне, чуть смещенные по частотам и фазам, характеризующие отличия в температурных изменениях на территориях; 4) на графиках (d) рисунка 5 изменений переменных во временной области трех групп переменных: глобальных гелиокосмических, климатических переменных и температурных изменений в полярной зоне 60-85° и арктических морей, наблюдается прямоугольная структура, переходящая после 1975 года в однонаправленные и согласованные изменения всех переменных, за исключением Srad2. Переменная Srad2 характеризует разность солнечной радиации, приходящей в экваториальную и полярные области Земли; на графике (d) рисунка 5 отражается превышение солнечной радиации в полярной зоне над экваториальной начиная с 1992 года. На графике (e) рисунка 5 отражается изменение, рост коэффициента согласованности изменений группы гелиокосмических, климатических переменных и изменений температур воздуха в арктической зоне в современности. Графики получены корреляцией фазо-временных характеристик группы исследуемых переменных, приведенных на графике (d) рисунка 5, усредненных по 3-х и 5-и летним наблюдениям в скользящем режиме.

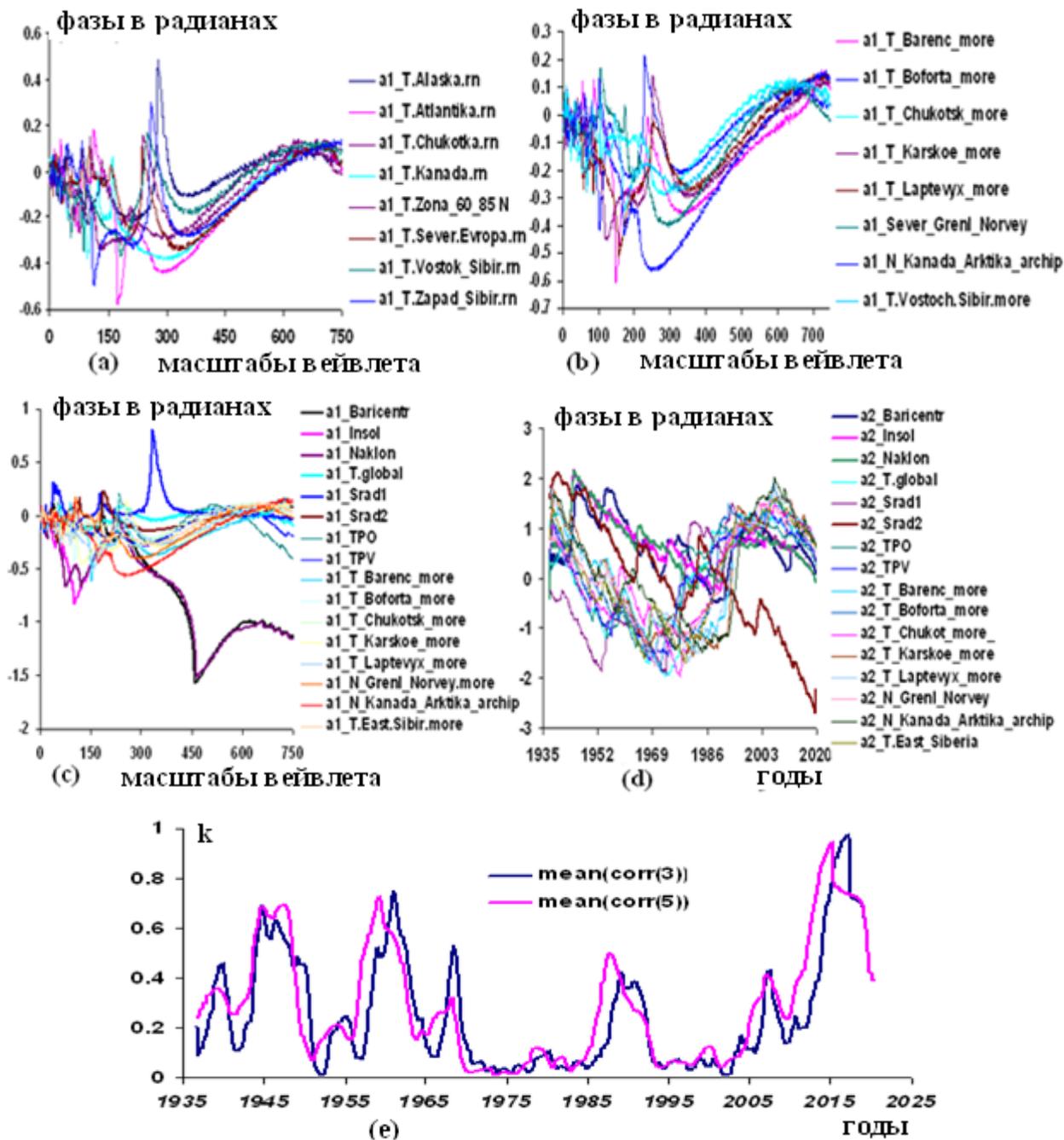


Рисунок 5. Графики вейвлетных фазо-частотных характеристик: (а) аномалий среднегодовой температуры воздуха для отдельных районов и широтной зоны 60-85° Северного полушария [19]: Аляскинского (Alaska.rn), Атлантического (Atlantika.rn), Чукотского (Chukotka.rn), Канадского (Kanada.rn), широтной зоны 60-85° (Zona.rn), Североευропейского (Sever.Evropa.rn), Восточносибирского (Vostok.Sibir.rn), Западносибирского (Zapad.Sibir.rn); (б) аномалий среднегодовой температуры воздуха для районов арктических морей Северного полушария [19]: Баренцево, Бофорта, Чукотское, Карское, Лаптевых, Северной части Гренландского и Норвежского морей, Северо-Канадского Арктического архипелага, Восточно-Сибирское; (в) фазо-частотных и (д) фазо-временных характеристик гелиокосмических переменных (Baricentr, Insol, Naklon), климатических: глобальной температуры (T.global), солнечных радиаций (Srad1, Srad2), температуры воздуха над океаном (TPO), температуры воздуха над сушей (TPV), температур воздуха в отдельных районах: Alaska.rn, Atlantika.rn, Chukotka.rn, Kanada.rn, Zona.60-85°.rn, Sever.Evropa.rn, Vostok.Sibir.rn, Zapad.Sibir.rn; е) коэффициентов (k) корреляций фазо-временных характеристик переменных, приведенных на графиках d рисунка 5, вычисленных в бегущем режиме с усреднениями 3 и 5 лет

### Вейвлетный фазовый анализ годовых сумм осадков в районах арктических морей по наблюдениям в 1936–2020 гг.

Анализ проведен в группе гелиокосмических (Baricentr, Insol, Naklon), климатических (T.global, Sras1, Srad2, TPO, TPV) переменных и изменений годовых сумм осадков для районов арктических морей [18]: Barenс.more (Barenс.more), Бофорта (Os.Bofорта.more), Чукотское (Os.Chukotское.more), Северная часть Гренландского и Норвежского морей

(Os.Grenl.Norvegy.more), Северная часть Канадского Арктического архипелага (Os.Kanada.Arktich.archip-g), Карское (Karsкое.more), Лаптевых(Laptevyx.more), Восточно-Сибирское море (Os.Vost.Sibir.more).

На рисунке 6 приведены графики изменений вейвлетных фазовых характеристик годовых сумм осадков арктических морей на воздействия гелиокосмических и климатических переменных.

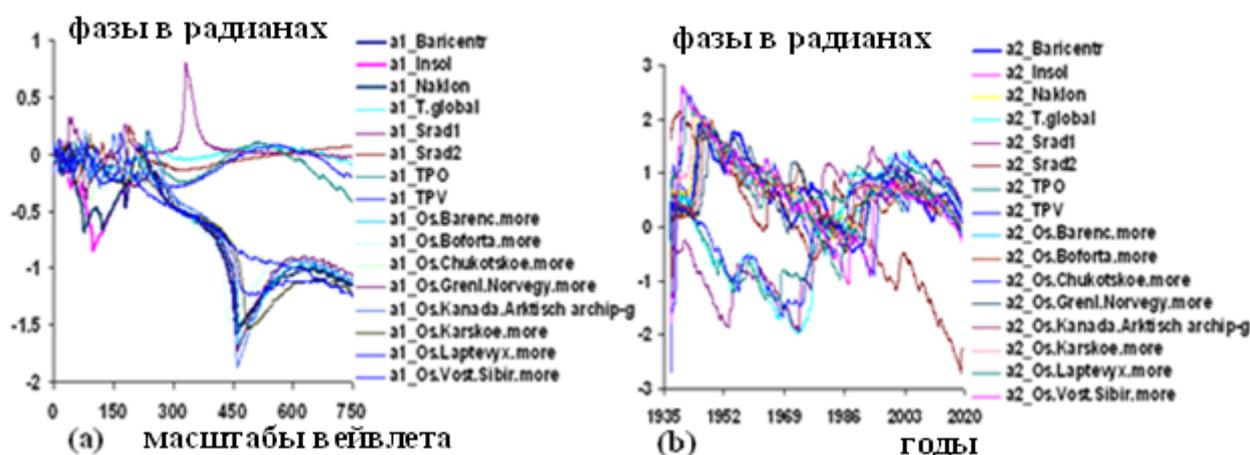


Рисунок 6. Графики изменений вейвлетных: (а) фазо-частотных и (б) фазо-временных характеристик гелиокосмических (Baricentr, Insol, Naklon), климатических (T.global, Sras1, Srad2, TPO, TPV) и осредненных годовых сумм осадков для районов арктических морей: Os.Barenс more, Os.Bofорта more, Os.Chukotckoe more, Os.Grenl.Norvegy more, Os.Kanada.Arktich. archip-g, Os.Karsкое more, Os.Laptevyx more, Os.Vost.Sibir more

В откликах фазовых характеристик годовых сумм осадков для районов арктических морей на воздействия гелиокосмических и климатический переменных проявляются следующие закономерности: 1) в частотной области изменения осадков в районах арктических морей однонаправлено и значительно, с  $k = 0,92 (0,04)$ , согласованы с изменениями гелиокосмических переменных; с изменениями климатических переменных согласованы разнонаправленно с  $k = |0,14 - 0,53|$  с наибольшими влияниями T.global и TPV; 2) во временной области изменения осадков в районах арктических морей существенно и однонаправленно согласованы с изменениями гелиокосмических переменных с  $k = 0,75 (0,09)$ , влияниями климатических переменных согласованы разнонаправленно с  $k = |0,11 - 0,58|$ ; 3) в частотной области изменения осадков в районах арктических морей взаимосогласованы с  $k = 0,94 (0,04)$ , во временной области взаимосогласованы с  $k = 0,74 (0,17)$ ; 4) во временной области на графиках (б) рисунка 6 наблюдается перестройка четырехугольной структуры из фазо-временных характеристик переменных в однонаправленные согласованные изменения переменных, как на графиках изменений фазо-временных характеристик на других рисунках.

### Вейвлетный фазовый анализ пространственно-осредненных годовых и сезонных сумм прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность по наблюдениям в 1961.5–2018.4 гг.

Исследованы группы гелиокосмических (Baricentr, Insol, Naklon,  $CO_2$ ), климатических (T.global, Sras1, Srad2, TPO, TPV) переменных и регионально – осредненных аномалий годо-

вых и сезонных сумм прямой солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность по наблюдениям в 1961,5-2018,4 годы [18]: Прибайкалье и Забайкалье

(Srad.Baikal), Европейская часть России (Srad.Evropa), Приамурье и Приморье (Srad.Priamur\_Primorje), Северо-Восток (Srad.Severo\_Vostok), Средняя Сибирь (Srad.Sredn\_Sibir), Западная Сибирь (Srad.Zapadn\_Sibir), лето (Srad.letto), весна (Srad.vesna), осень (Srad.oseny).

На рисунке 7 приведены графики вейвлетных фазовых характеристик группы переменных.

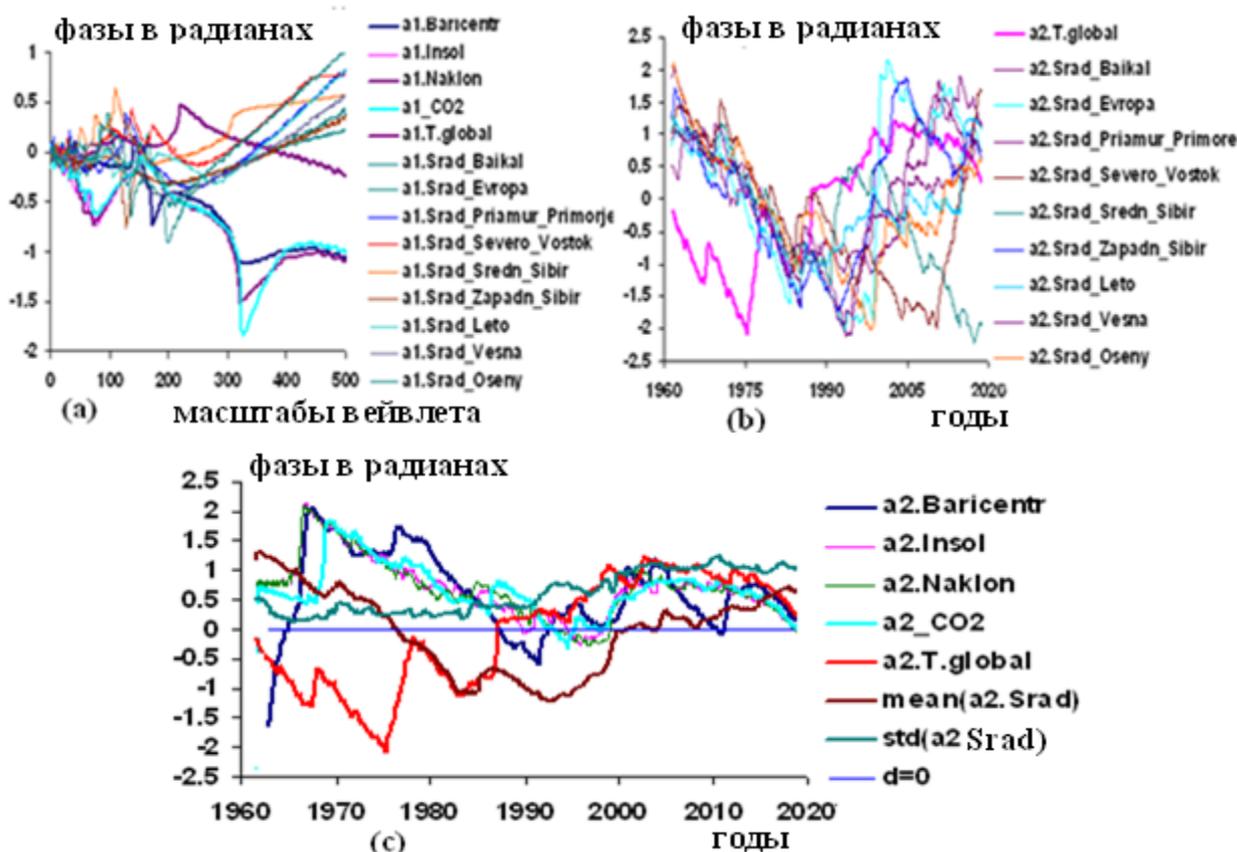


Рисунок 7. Графики изменений вейвлетных: (а) фазо-частотных характеристик гелиокосмических переменных (Baricentr, Insol, Naklon,  $CO_2$ ), глобальной температуры (T.global) и регионально-осредненных аномалий (в процентах от среднего за 1961-1990 гг.), годовых и сезонных сумм прямой солнечной радиации (Srad), поступающей на горизонтальную поверхность, осредненные по территории РФ (Baikal, Evropa, Priamur\_Primorje, Severo\_Vostok, Sredn\_Sibir, Zapadn\_Sibir, vesna, leto, oseny); (б) фазо-временных характеристик аномалий глобальной температуры и регионально-осредненных аномалий годовых и сезонных сумм прямой солнечной радиации; (в) фазо-временных характеристик гелиокосмических переменных, глобальной температуры, числовых характеристик среднего  $mean(a2.Srad)$  и стандартного отклонения  $std(a2.Srad)$  регионально-осредненных аномалий годовых и сезонных сумм прямой солнечной радиации по наблюдениям в 1961.5- 2018.4 годы

В исследованиях проявляются следующие закономерности: 1) на графиках (а) рисунка 7 вейвлетных частотных характеристик переменных наблюдается смещенность частот гелиокосмических переменных относительно изменений частот климатических переменных и изменений солнечной радиации в регионах и сезонных изменений в правую, в большую сторону; 2) в частотной области изменения регионально-осредненных аномалий годовых и сезонных сумм прямой солнечной радиации, существенно, с  $k = -0,51 (0,12)$ , согласованы с изменениями гелиокосмических переменных, с  $k = \sim -0,36 (0,11)$  изменениями магнитных полей Солнца и Земли и разнонаправленно, с  $k = |0,05-0,88|$ , согласованы с изменениями климатических переменных с наибольшими влияниями глобальной температуры T.global и солнечных радиаций

Srad1, Srad2; во временной области изменения регионально-осредненных аномалий годовых и сезонных сумм прямой солнечной радиации согласованы с  $k = 0,32$  (0,19), с изменениями гелиокосмических факторов и с  $k = |0,10-0,71|$ , с изменениями климатических факторов; 3) в изменении фазо-временных характеристик солнечной радиации в регионах и сезонных изменениях в интервале времени с 1961,5 по 1985 годы с равномерно убывающего режима, на графиках (b) рисунка 7, в последующие годы наблюдается режим разнонаправленного изменений переменных с изменением числовых характеристик (среднего и стандартного отклонения) их динамики, приведенных на графиках (c) рисунка 7; на графиках (b), с 1975,5 года, наблюдается перестройка изменений глобальной температуры к региональным и сезонным изменениям солнечной радиации, характеризующие переход изменений климата из одного режима в другой; 4) на графиках (b) рисунка 7 фазо-временных характеристик гелиокосмических, климатических переменных и солнечной радиации в региональных и сезонных изменениях после 1985 года наблюдаются расходящиеся и сходящиеся изменения групп переменных, образуя решетчатую структуру, переходящая после 2016 года в однонаправленные изменения группы переменных.

**Вейвлетный фазо-частотный и фазо-временной анализ относительных аномалий в % суммарных за год солнечного сияния в регионах и федеральных округах РФ по наблюдениям в 1961,9–2019,7 гг.**

Исследованы группы гелиокосмических (Baricentr, Insol, Naklon,  $CO_2$ ), климатических (T.global, Srad1, Srad2, TPO, TPV) переменных и изменений относительных аномалий суммарных за год продолжительности солнечного сияния (SSijan) [19], освещенности земной поверхности прямыми солнечными лучами, когда диск Солнца не закрыт плотными облаками: Центр и юг Восточной Сибири (Ssijn.CJV.Sibiry), Центр и юг Западной Сибири (Ssijn.CJZ.Sibiry), Чукотка и север Камчатки (Ssijn.Chuk.Sev.Kamchatky), Дальний Восток (Ssijn.Dalny.vostok), Юг ЕЧР (Ssijn.Jug.ECHP), Южный ФО (Ssijn.Jugn.FO), Приволжский ФО (Ssijn.Privolgsk.FO), Север ЕЧР и Западной Сибири (Ssijn.Sev.ECHP.Zap.Sibiry), Северная часть Восточной Сибири и Якутии (Ssijn.Sev.Vost.Sibiry.Jakuty), Северо-Кавказский ФО (Ssijn.Sev.Kavkaz.FO), Уральский ФО (Ssijn.Uralsk.FO), Северо-Западный ФО (Ssijn.Sev.Zapad.FO), Сибирский ФО (Ssijn.Sibirsk.FO), Центральный ФО (Ssijn.Centr.FO)

На графиках рисунка 8 представлены результаты исследований.

В вейвлетных фазовых откликах солнечных сияний на воздействия гелиокосмических и климатических переменных в наблюдаемом интервале времени обнаруживаются следующие закономерности; 1) в частотной области на изменчивость солнечного сияния значительны влияния гелиокосмических переменных с  $k = 0,95$  (0,01), при этом влияния климатических переменных разнонаправленны и составляют  $k = |0,11-0,71|$  с наибольшими влияниями изменений TPV и Srad2; на графиках (a) рисунка 8 проявляются некоторые отличия откликов в смещении фаз солнечных сияний в регионах РФ при неизменных частотах на воздействия гелиокосмических переменных, 2) во временной области, на графиках (b) рисунка 8, на изменчивость солнечных сияний на территории РФ также наблюдается значительное влияние изменений гелиокосмических переменных: с  $k = 0,53$  (0,02) влиянием барицентрических движений Солнца и с  $k = 0,93$  (0,02), – влияниями многолетней солнечной инсоляции и угла наклона Земли, наблюдается несимметричность влияний гелиокосмических переменных; влияния изменений климатических переменных на изменчивость солнечного сияния разнонаправленны и составляют  $k = |0,31-0,64|$  с наибольшим влиянием Srad1; 3) на графиках (b) рисунка 8 фазо-временных характеристик изменений солнечных сияний проявляются их организованные, нестационарные взаимосогласованные изменения направлений движений в определенные годы, изменениями солнечной радиации с  $k = 0,50$  (0,11); в последние десятилетия наблюдается усиление взаимосогласованных изменений солнечных сияний в регионах РФ, согласованные с изменениями гелиокосмических и климатических переменных, с изменениями парниковых газов, с изменени-

ями солнечных радиаций в регионах РФ, приведенные на графиках (с) рисунка 8; 4) изменения солнечных сияний в регионах РФ во временной области в наблюдаемом интервале времени, в 1961,9-2019,7 годы, значительно, с  $k = 0,77$  (0,17), согласованы с изменениями гелиокосмических переменных, с наибольшими влияниями многолетних инсоляций (Insol) и угла наклона Земли (Naklon) с  $k = 0,93$  (0,02); 5) на графиках (с) рисунка 8 отображаются коэффициенты согласованности изменений групп переменных во времени: геокосмических, климатических, солнечной радиации, приведенных на графиках (а) и (б) рисунка 7 и солнечных сияний, приведенных на графиках в рисунка 8 по наблюдениям в 1961,9-2018,7 гг. Графики (с) на рисунке 8 получены усреднением коэффициентов корреляций по наблюдениям 3 и 5 лет в скользящем режиме; графики циклические и содержат периоды в годах: 42,3, 21,4, 12,0 (0,8), 9,3 (1,3), 4,8 (0,8), 2,0 (0,5); они характеризуют циклическое усиление согласованностей изменений переменных в группах с меняющимися интенсивностями, и как видно, в последние десятилетия эти согласованные изменения, начиная с 2008 г., наибольшие с  $k = 0,73$ ; 6) на графиках (d) рисунка 7 отображаются фазовые траектории составляющих групп переменных, парниковых газов и глобальной температуры, которые из разнонаправленных «движений» до 2000 года переходят в согласованные однонаправленные изменения после 2000 года, согласованные с изменениями гелиокосмических переменных, барицентрических движений Солнца. Графики (d) на рисунке 8, фазовых характеристик группы переменных, состоят из трех условных частей: решетчатой разнонаправленной структуры, переходной составляющей и однонаправленных согласованных изменений с 2004 года. На графиках (d) рисунка 8 приводится график фазовых изменений разности  $a2.T.global - a2.CO_2$  в наблюдаемом интервале времени, характеризующий динамику изменений сравниваемых переменных. В последнее десятилетие изменение этого графика характеризуется превышением роста приземной температуры  $a2.T.global$  рост парникового газа  $a2.CO_2$ , равнонаправленно изменяющейся с изменениями гелиокосмических переменных,  $a2.T.global$  и  $a2.CO_2$ , солнечных сияний и солнечных радиаций в регионах РФ.

Заметим, что аналогичные согласованные изменения фазовых характеристик переменных, характеризующих изменения процессов, происходящих на Солнце, наблюдаются на воздействия гелиокосмических факторов [3].

Графики (d) и (e) на рисунке 8 и все графики фазо-временных характеристик переменных, приведенных в статье, являются отражением свойства самоорганизации открытой климатической системы, в которой в сильно неравновесных условиях [42] могут спонтанно возникать переходы от беспорядка, «теплового хаоса», к упорядоченным состояниям [44-47], переходы случайных решетчатых структур, образованных фазовыми изменениями во времени гелиокосмических, климатических переменных, глобальной температуры и парниковых газов к однонаправленным согласованным изменениям этих же переменных, к усилению естественного парникового эффекта [37, 38] при взаимодействии парниковых газов и глобальной температуры с проявлениями глобального потепления.

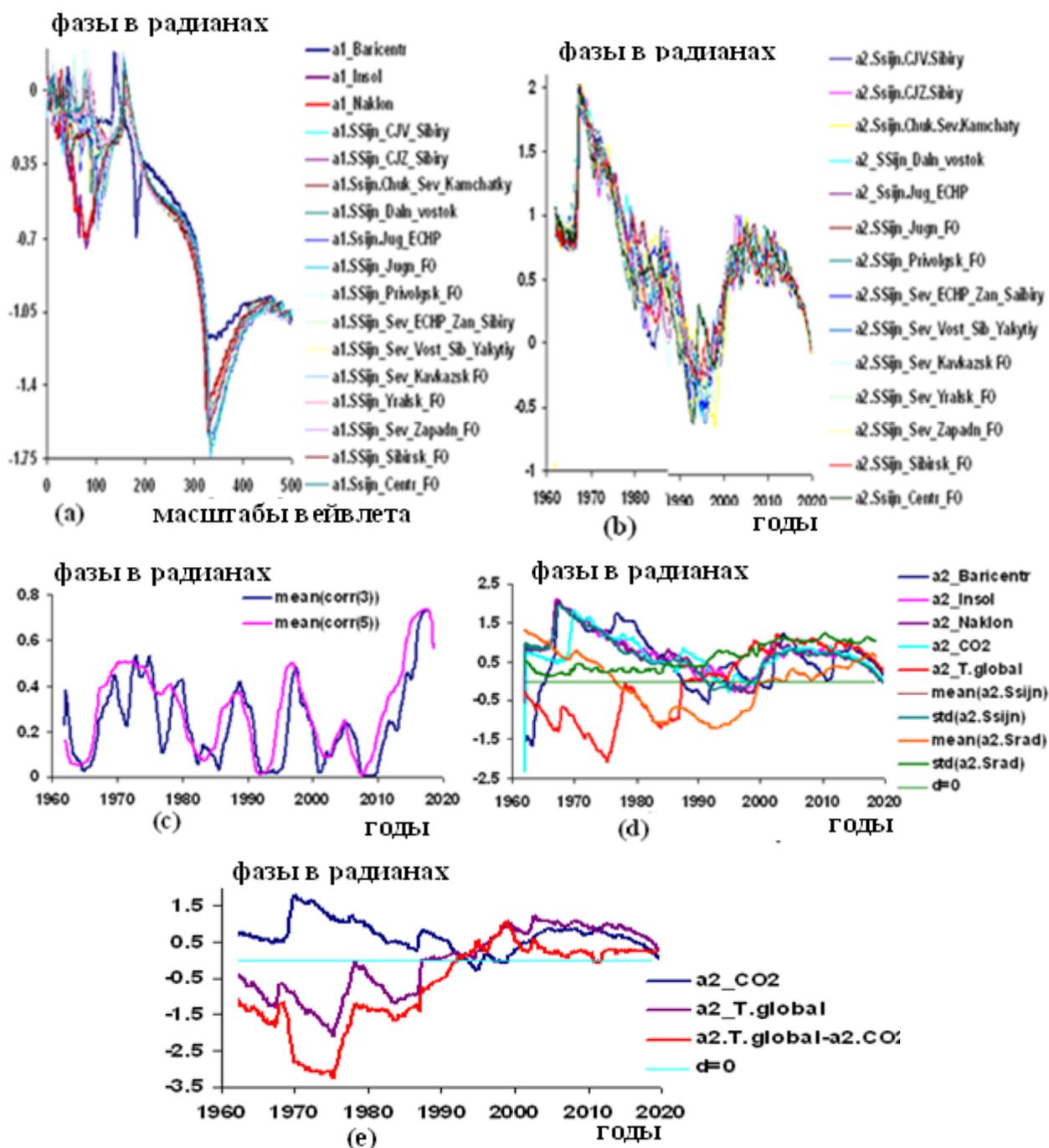


Рисунок 8. Графики изменений вейвлетных: (а) фазо-частотных гелиокосмических переменных (Baricentr, Insol, Naklon) и изменений солнечных сияний: Ssijn.CJV.Sibiry, Ssijn.CJZ.Sibiry, Ssijn.Chuk.Sev.Kamchatky, Ssijn.Dalny.vostok, Ssijn.Jug.ECHP, Ssijn.Jugn.FO, Ssijn.Privolgsk.FO, Ssijn.Sev.ECHP.Zap.Sibiry, Ssijn.Sev.Vost.Sibiry.Jakuty, Ssijn.Sev.Kavkazsk.FO, Ssijn.Uralsk.FO, Ssijn.Sev.Zapad.FO, Ssijn.Sibirsk.FO, Ssijn.Centr.FO; (б) фазо-временных характеристик изменений солнечных сияний: Ssijn.CJV.Sibiry, Ssijn.CJZ.Sibiry, Ssijn.Chuk.Sev.Kamchatky, Ssijn.Dalny.vostok, Ssijn.Jug.ECHP, Ssijn.Jugn.FO, Ssijn.Privolgsk.FO, Ssijn.Sev.ECHP.Zap.Sibiry, Ssijn.Sev.Vost.Sibiry.Jakuty, Ssijn.Sev.Kavkazsk.FO, Ssijn.Uralsk.FO, Ssijn.Sev.Zapad.FO, Ssijn.Sibirsk.FO, Ssijn.Centr.FO; (с) изменения коэффициента согласованности изменений гелиокосмических (Baricentr, Insol, Naklon,  $CO_2$ ), климатических (T.global, Srad1, Srad2, TPO, TPV), солнечных радиаций и солнечных сияний в регионах РФ по наблюдениям в 1961,9-2018,7 гг: (d) графики изменений фазо-временных характеристик гелиокосмических переменных (Baricentr, Insol, Naklon,  $CO_2$ ), глобальной температуры (T.global), числовых характеристик солнечного сияния и солнечной радиации по регионам РФ: mean( $a2.Ssijn$ ), std( $a2.Ssijn$ ), mean( $a2.Srad$ ), std( $a2.Srad$ ); (е) графики изменений фазо-временных характеристик T.global,  $CO_2$ , T.global- $CO_2$  в интервале наблюдений 1961,9–2018 гг.

### **Выводы и заключение**

Совместным анализом изменений гелиокосмических факторов, магнитных полей Солнца и Земли, географического и магнитных полюсов Земли, климатических переменных и температурных изменений в странах света и континентах с использованием непрерывного одномерного вейвлет-преобразования с вычислением фазо-частотных и фазо-временных характеристик переменных в выбранных интервалах времени установлены следующие закономерности:

1. В вейвлетной фазо-частотной области по силе влияния солнечного излучения, гелиокосмических переменных, изменяющиеся барицентрическими движениями Солнца, гравитационными силами, изменения температур, природных сред в странах и континентах, в частях света, разделяются на несколько классов: значительно, положительно и отрицательно согласованные с изменениями барицентрических движений Солнца, гелиокосмических переменных.

2. В вейвлетной фазо-частотной области наблюдается, что распределение регионов с аномально холодным и жарким климатом, положительно и отрицательно согласованные с изменениями гелиокосмических переменных, значительно согласованы с распределением аномального магнитного поля Земли с полюсами в Канаде, Восточной Сибири (Якутии), Бразилии, Южной Америке и Африке, Антарктике, в странах Среднего и Ближнего Востока.

3. В вейвлетной фазо-частотной области наблюдается высокая согласованность изменений географического и магнитных полюсов Земли, изменений глобальной температуры, температуры в зоне  $60-85^\circ$  северной широты, в северном полушарии, в Арктике с изменениями магнитных полей Солнца и Земли, солнечного ветра, согласованные с изменениями барицентрических движений Солнца, гелиокосмических переменных, характеризующие рост влияний солнечной энергии и гравитационных сил в росте температуры в северном полушарии, в Арктике; наблюдается сравнительно низкое влияние изменений магнитных полей Солнца и Земли на изменение температуры в южном полушарии.

4. В анализах изменений температур воздуха в нижней стратосфере и тропосфере для сезонов Северного полушария на воздействия гелиокосмических переменных в частотной области наблюдается значительная согласованность с отрицательной направленностью изменений в стратосфере по сравнению с разнонаправленными и более слабыми изменениями в тропосфере; в частотной области влияния климатических переменных на изменчивость температур в нижней стратосфере и тропосфере различны и разнонаправлены с наибольшими влияниями солнечных радиаций  $Srad1$ ,  $Srad2$ , TPO; во временной области наблюдается значительная разнонаправленная изменчивость температуры в нижней стратосфере изменениями климатических переменных по сравнению с влиянием гелиокосмических переменных.

5. В откликах температурных изменений в районах арктических морей и зонах Северного полушария, в полярной зоне на воздействия гелиокосмических и климатических переменных в частотной области наблюдаются высокие отрицательно направленные влияния гелиокосмических и разнонаправленные влияния изменений климатических переменных с наибольшими вкладами изменений глобальной температуры, солнечных радиаций  $Srad1$ ,  $Srad2$  и TPV; в частотной области изменений температурных переменных в арктических зонах и морей наблюдается их высокая взаимосогласованность с выраженными переходами к изменениям, согласованность и смещенность по частотам к изменениям гелиокосмических переменных.

6. В откликах изменений годовых сумм осадков в районах арктических морей в частотной области проявляется значительная положительно направленная изменчивость переменных на воздействия гелиокосмических факторов и разнонаправленная изменчивость на воздействия климатических переменных с наибольшими влияниями глобальной температуры и TPV; во временной области интенсивности влияний гелиокосмических и климатических переменных на изменчивость годовых сумм осадков в арктических зонах сохраняются; наблюдается частотная смещенность изменений годовых сумм осадков в арктических зонах к изменениям гелиокосмических переменных.

7. В откликах пространственно-осредненных годовых и сезонных сумм прямой солнечной радиации наблюдается смещенность частотных характеристик переменных относительно частотных характеристик гелиокосмических переменных; в частотной области наблюдается значительное, отрицательно направленное влияние изменений гелиокосмических факторов, магнитных полей Солнца и Земли и разнонаправленное влияние климатических факторов с наибольшими влияниями T.global, Srad1, Srad2 на изменчивость пространственно-осредненных годовых и сезонных сумм прямой солнечной радиации; на графиках фазо-временных характеристиках переменных наблюдается их перестройка, согласованная с изменениями барицентрических движений Солнца, перестройка изменений глобальной температуры к изменениям кривых солнечных радиаций.

8. В откликах относительных аномалий в % суммарных за год солнечных сияний в регионах и федеральных округах Российской Федерации на воздействия гелиокосмических переменных в частотной области наблюдается значительная положительно направленная изменчивость переменных и разнонаправленная изменчивость влияниями климатических переменных с меньшей интенсивностью с наибольшими влияниями TPV и Srad2; на графиках частотных характеристик солнечных сияний и гелиокосмических переменных наблюдается значительная согласованность изменений групп переменных; на графиках временных характеристик солнечных сияний наблюдается их значительная взаимосогласованность, изменяющаяся во времени, обусловленная изменениями гелиокосмических переменных.

9. На графиках изменений фазо-временных характеристиках температурных переменных в современности в странах и континентах, в атмосфере, температур в арктических зонах Северного полушария, осадков в районах арктических морей, аномалий годовых сумм прямой солнечной радиации на территории России, солнечного сияния по территории России, гелиокосмических и климатических факторов, определяющих климат на Земле, отображаются разнонаправленно, хаотически изменяющиеся фазовые структуры, переходящие в определенное время, в соответствии с изменениями барицентрических движений Солнца, в организованные однонаправленно изменяющиеся структуры, приводящие к усилению естественного парникового эффекта, усилению взаимодействия, генерации парниковых газов и приземной температуры в атмосфере.

10. Описанные в работе изменения фазовых характеристик гелиокосмических, включая и изменения магнитных полей Солнца и Земли, климатических переменных, определяющие динамику климата на Земле, являются отражением свойства самоорганизующейся сложной открытой климатической системы, Движущей силой в этой системе являются гравитационные силы взаимодействий планет солнечной системы с Солнцем и другими планетами, управляющие изменениями солнечной энергии, процессами, происходящими в Земле и параметрами движений Земли, планет солнечной системы.

### **Список литературы**

1. Алексеев, В. И. Исследование изменений глобального климата как сложной системы с использованием вейвлетных фазо-частотных функций, фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических и климатических переменных. Часть 1 / В. И. Алексеев. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 7. – С. 238–250.

2. Алексеев, В. И. Исследование изменений глобального климата как сложной системы с использованием вейвлетных фазо-частотных функций, фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических и климатических переменных. Часть 2 / В. И. Алексеев. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 8. – С. 99–111.

3. Алексеев, В. И. Применение вейвлетного фазового метода исследований сигналов к анализу асимметричных барицентрических движений Солнца и изменений процессов, про-

исходящих на Солнце, околоземном пространстве и в недрах Земли / В. И. Алексеев. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского университета. – 2020. – № 3 (58). – С. 7–35.

4. Long-term temperature record: Australian Climate Observations Reference Network – Surface Air Temperature // Australian Government. – 2018. – URL: <http://www.bom.gov.au/climate/data/acorn-sat/> (date of application: 15.01.2022).

5. Global and European temperature // European Environment Agency. – 2012. – URL: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/global-and-european-temperature/global-and-european-temperature-assessment-1> (date of application: 15.01.2022).

6. Kozin, D. Russia's Leading Climate Change Expert Gives Sober Prognosis / D. Kozin // The Moscow Times. – 2021. – URL: <https://www.themoscowtimes.com/2020/04/03/russias-leading-climate-change-expert-gives-sober-prognosis-a69822> (date of application: 15.01.2022).

7. Temperature in Polar regions: Arctic and Antarctic // Climate4you. – 2020. – URL: <https://www.climate4you.com/Polar%20temperatures.htm#Diagram%20ArcticMAAT> (date of application: 15.01.2022).

8. Toward a Resilient Canadian Agriculture and Argi-Food System: Adapting to Climate Change // House of commons Chambre des Communes. – 2020. – URL: <https://www.ourcommons.ca/documentviewer/en/42-1/agri/report-11/page-30> (date of application: 15.01.2022).

9. Michaels, P. J. Greenland Melt 'Off the Chart?' / P. J. Michales // Cato Institute. – 2018. – URL: <https://www.cato.org/blog/greenland-melt-chart> (date of application: 15.01.2022).

10. Climate Change and its Influence on Active Layer Depth in Central Yakutia / A. Desyatkin, P. Fedorov, N. Filippov, R. Desyatkin. – DOI: 10.3390/land1001003 // MDPI. – 2021. – URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/3/htm> (date of application: 15.01.2022).

11. Annual State of the Climate of South Africa // Weathersa. – 2019. – URL: <https://www.weathersa.co.za/Documents/Corporate/Annual%20State%20of%20the%20Climate%202019.pdf> (date of application: 15.01.2022).

12. Indian Cities Are Getting Hotter And 2015 Was The Hottest Year : NASA Reports // The Logical Indian. – 2016. – URL: <https://thelogicalindian.com/others/mumbai-average-temperature-up-2-4-c-over-124-years/> (date of application: 15.01.2022).

13. Average annual temperature in the U.S. from 1895 to 2021 (In Fahrenheit) // Statista. – URL: <https://www.statista.com/statistics/500472/annual-average-temperature-in-the-us/> (date of application: 15.01.2022).

14. Irland mean temperature // Ask about Ireland. – 2013. – URL: <https://www.askaboutireland.ie/learning-zone/secondary-students/cspe/stewardship/Change/climate-change/our-changing-climate/> (date of application: 15.01.2022).

15. Müller, G. V. Observed and Projected Changes in Temperature and Precipitation in the Core Crop Region of the Humid Pampa, Argentina / G. V. Müller, M. A. Lovino, L. C. Sgroi. – DOI: 10.3390/cli9030040 // *Climate*. – 2021. – Vol. 9 (3). – P. 40. – URL: <https://www.mdpi.com/journal/climate> (date of application: 15.01.2022).

16. Comparative Analysis of China Surface Air Temperature Series for the Past 100 Years / L. Zhang, H. Liu, Y. Ding [et al.] // ScienceDirect. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674927810500029> (date of application: 15.01.2022).

17. The Discovery of Global Warming // AIP. – 2021. – URL: <https://history.aip.org/climate/20ctrend.htm> (date of application: 15.01.2022).

18. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – Москва : Росгидромет, 2021. – 104 с. – Текст : непосредственный.

19. Dickey, J. O. Earth rotation / J. O. Dickey // *Global Earth Physics: a handbook of physical constants* American Geophysical Union / ed. by T. J. Ahrens. – Washington : American Geophysical Union, 1995. – P. 356–368.

20. Earthquake Statistics // BGR. – 2018. – URL: [https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenstatistik/erdbebenstatistik\\_node\\_en.htm](https://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Seismologie/Seismologie/Erdbebenstatistik/erdbebenstatistik_node_en.htm) (date of application: 15.01.2022).
21. New studies confirm weakening of the Gulf Stream circulation (AMOC) // RealClimate. – 2020. – URL: <https://www.realclimate.org/index.php/archives/2020/09/new-studies-confirm-weakening-of-the-gulf-stream-circulation-amoc/> (date of application: 15.01.2022).
22. Climate variability: the example of the North Atlantic Oscillation // Encyclopedia of the Environment. – 2019. – URL: <https://www.encyclopedie-environnement.org/en/climate/climate-variability-example-north-atlantic-oscillation/> (date of application: 15.01.2022).
23. Охлопков, В. П. Основные периодичности движения Солнца относительно центра масс солнечной системы и солнечная активность / В. П. Охлопков. – Текст : непосредственный // Вестник московского университета (ВМУ). Серия Физика. Астрономия. – 2011. – № 6. – С. 138–142.
24. Большаков, В. А. Новая концепция орбитальной теории палеоклимата / В. А. Большаков. – Москва : МГУ, 2003. – 256 с. – Текст : непосредственный.
25. Zerbo, J.-L. Geomagnetism during solar cycle 23: Characteristics / J.-L. Zerbo, Ch. Amory-Mazaudier, F. Ouattara // ScienceDirect. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123212000689> (date of application: 15.01.2022).
26. Бялко, А. В. Палеоклимат: дополнения к теории Миланковича / А. В. Бялко. – Текст : непосредственный // Природа. – 2009. – № 12. – С. 18–28.
27. Climate change is making UAE hotter – a trend that will continue // UAE. – 2021. – URL: <https://www.thenationalnews.com/uae/environment/climate-change-is-making-uae-hotter-a-trend-that-will-continue-1.1249027> (date of application: 15.01.2022).
28. Temperature Bar Chart Middle // Wikimedia commons. – 2021. – URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Temperature\\_Bar\\_Chart\\_Middle\\_East-Iraq--1901-2020-2021-07-13.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Temperature_Bar_Chart_Middle_East-Iraq--1901-2020-2021-07-13.png) (date of application: 15.01.2022).
29. On September 13, 1922, Al Aziziyah, in Libya, reported the highest temperature ever recorded. According to their claims, how hot did it get that day? // Quora. – 2022. – URL: <https://www.quora.com/On-September-13-1922-Al-Aziziyah-in-Libya-reported-the-highest-temperature-ever-recorded-According-to-their-claims-how-hot-did-it-get-that-day> (date of application: 15.01.2022).
30. LaFond, K. Infographic: Syria Drought and Climate Change / K. LaFond // Circle of blue. – 2016. – URL: <https://www.circleofblue.org/2016/middle-east/infographic/> (date of application: 15.01.2022).
31. Glausiusz, L. Discounting Climate Change in Israel / L. Glausiusz // The Themes of Israel. – 2020. – URL: <https://blogs.timesofisrael.com/discounting-climate-change-in-israel/> (date of application: 15.01.2022).
32. Climate change and human health: Spatial modeling of water availability, malnutrition, and livelihoods in Mali, Africa / M. M. Jankowska, D. Loper-Carr, C. Funk [et al] // Semantic Scholar. – 2012. – URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Climate-change-and-human-health%3A-Spatial-modeling-Jankowska-L%3%B3pez-Carr/cb1ede511166f98d92e0775e97904b3732a08a6c> (date of application: 15.01.2022).
33. Jonson, S. K. Hurricane Harvey was fueled by record heat in the Gulf of Mexico / S. K. Jonson // ARSTechnica. – 2018. – URL: <https://arstechnica.com/science/2018/05/hurricane-harvey-was-fueled-by-record-heat-in-the-gulf-of-mexico/> (date of application: 15.01.2022).
34. Kahn, B. Of Brazil, the World Cup and Climate Change / B. Kahn // Climate Central. – 2014. – URL: <https://www.climatecentral.org/news/brazil-world-cup-climate-change-17542> (date of application: 15.01.2022).
35. Богатырева, М. А. Проявление современных изменений климата на территории Курской области / М. А. Богатырева. – Текст : электронный // Центральный научный вестник. – 2013. – URL: <http://cscb.su/n/011601/011601017.htm> (дата обращения: 15.01.2022).

36. Owens, M. J. Global solar wind variations over the last four centuries / M. J. Owens, M. Lockwood, P. Riley // *Scientific reports*. – 2017. – URL: <https://www.nature.com/articles/srep41548> (date of application: 15.01.2022).

37. Семенов, С. М. Парниковый эффект: Открытие, развитие, концепции, роль в формировании глобального климата и его антропогенных изменений / С. М. Семенов. – Текст : электронный // *Фундаментальная и прикладная климатология*. – 2015. – № 2. – С. 103–124. URL: <http://downloads.igce.ru/journals/FAC/FAC2015/FAC20152/SemenovSMFAC2015N204122015.pdf> (дата обращения: 15.01.2022).

38. Webster, B. Theory of ‘Greenhouse Effect’ Of Sun's Rays Is Challenged / B. Webster // *The New York Times Archives*. – 1975. – № 3. – URL: <https://www.nytimes.com/1975/11/03/archives/theory-of-greenhouse-effect-of-suns-rays-is-challenged.html#:~:text=The%20generally%20accepted%20%E2%80%9Cgreenhouse%E2%80%9D%20theory,in%2C%20keeping%20the%20planet%20comfortable>. (date of application: 15.01.2022).

39. Svalgaard, L. Prediction of Solar Cycle 25 / L. Svalgaard // *LASP*. – 2020. – URL: <http://lasp.colorado.edu/media/projects/SORCE/meetings/2018/final/OralPDFs/54Svalgaard.pdf> (date of application: 15.01.2022).

40. Ерашов, В. М. Магнитное поле влияет на скорость вращения Земли / В. М. Ерашов. – Текст : электронный // *Кубрик*. – URL: <http://www.randewy.ru/gml/erashov63.html> (дата обращения: 15.01.2022).

41. Кокоуров, В. Д. Многолетние изменения в системе Солнце-Земля / В. Д. Кокоуров. – Текст : электронный // *Солнечно-Земная физика. ИСЗФ. СО РАН*. – 2016. – URL: <http://space.msu.ru/irkutsk/kok/changes.htm> (дата обращения: 15.01.2022).

42. Alken, P. International Geomagnetic Reference Field: the thirteenth generation / P. Alken, E. Thébaud, B. Zhou // *Springer Open*. – 2021. – URL: <https://earth-planets-space.springeropen.com/articles/10.1186/s40623-020-01288-x> (date of application: 15.01.2022).

43. Dickey, J. O. Earth rotation / J. O. Dickey // *Global Earth Physics: a handbook of physical constants American Geophysical Union* / ed. by T. J. Ahrens. – Washinton American Gophysical Union, 2020. – P. 356–368.

44. Еськов, К. Ю. Удивительная палеонтология. История Земли и жизни на ней / К. Ю. Еськов. – Москва : ЭНАС-КНИГА, 2017. – 320 с. – Текст : непосредственный.

45. Nicolis, G. Self-Organization in Nonequilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order through Fluctuations / G. Nicolis, I. Prigogine. – New York : Wiley, 1977. – 491 p.

46. Алдонин, А. Структурный анализ самоорганизующихся систем : монография / А. Алдонин ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2019. – 344 с. – URL: <https://www.litres.ru/gennady-alonin/strukturnyy-analiz-samoorganizuschissya-sistem-40133576/> (дата обращения: 15.01.2022). – Текст : электронный.

47. Cassani, A. Belousov-Zhabotinsky Type reactions^the non-linear behavior of chemical systems / A. Cassani, A. Monteverde, M. Pimetti // *Journal of mathematical chemistry*. – 2021. – Vol. 59. – P. 792–826.