



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗЕМЛИ ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ И ПАЛЕОДАНЫМ В ФАЗО-ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ, СОГЛАСОВАННЫХ С ИЗМЕНЕНИЯМИ БАРИЦЕНТРИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ СОЛНЦА. ЧАСТЬ 1

Алексеев Валерий Иванович

доктор технических наук,
независимый исследователь
Ханты-Мансийск, Россия
E-mail: v_alekseev_1941@internet.ru

Актуальность исследований обусловлена необходимостью установления первопричины изменения климата на Земле и прогнозирования изменений гелиокосмических, климатических переменных, природных катастроф по инструментальным измерениям и палеоданным, как временных рядов, на длительные интервалы временного горизонта в фазовой области с учетом их цикличности и взаимообусловленности изменений.

Цель исследования: применение вейвлетного фазового метода анализа временных рядов для установления силы влияния барицентрических движений Солнца на изменчивость гелиокосмических, климатических переменных, вулканических извержений и парниковых газов, уровня океана и его энергетики, природных катастроф и пожаров, высокоточное прогнозирование переменных в фазо-временной области на длительные горизонты в сотни и тысячи лет по инструментальным измерениям и палеоданным.

Объекты: временные ряды изменений гелиокосмических и климатических переменных, природных катастроф и пожаров, кривые изменений климатических изменений, полученных инструментальными измерениями и анализом ледовых кернов в Антарктике и донных отложений в Антарктике.

Методы исследования: вейвлетный фазо-частотный и фазо-временной анализы изображений гелиокосмических и климатических переменных, природных катастроф и пожаров; вычисление согласованностей изменений выбранных групп на множестве фазо-временных характеристик переменных в скользящем режиме.

Основные результаты исследования: на изображениях вейвлетных фазо-временных функций многих переменных, построенных по наблюдениям в 1600–2010 гг., найдены периоды Жозе в ~178 лет, которые содержатся в изменениях характеристик барицентрических движений Солнца (Baricentr), солнечной активности, солнечной постоянной, CO_2 , N_2O , Эль-Ниньо, солнечного ветра, уровня Каспийского моря, температуры в Гренландии, скорости вращения Земли, скорости снегонакопления на Индоокеанском секторе Антарктики, глобальной температуры; цикличность изменений гелиокосмических и климатических переменных согласованы с изменениями Baricentr; наблюдается значительное отличие в согласованности изменений фазо-временных характеристик переменных, полученных на южных жарких и северных холодных широтах планеты, примерно в 2,1 раза; в северной части планеты изменения переменных более хаотичны, обусловленное разным влиянием изменений переменной Baricentr, магнитных полей Солнца и Земли на изменчивость переменных на разных широтах планеты; наблюдаются значительные изменчивости, резонансы фазовых характеристик гелиокосмических и климатических переменных, вулканизма и парниковых

FORECASTING CHANGES IN THE EARTH'S CLIMATE SYSTEM BY INSTRUMENTAL MEASUREMENTS AND PALEODATA IN THE PHASE- TIME REGION, CONSISTENT WITH CHANGES IN THE BARYCENTRIC MOTIONS OF THE SUN. PART 1

Valery I. Alekseev

Doctor of Technical Sciences,
Independent Researcher
Khanty-Mansiysk, Russia
E-mail: v_alekseev_1941@internet.ru

The relevance of the research is due to the need to establish the root cause of climate change on Earth and predict changes in heliocosmic, climatic variables, natural disasters by intramental measurements and paleodata, as time series, for long intervals of the time horizon in the phase domain, taking into account their cyclicity and interdependence of changes.

Purpose of research: application of the time series analysis method of the time series to establish the strength of the influence of the barycentric movements of the Sun on the variability of heliocosmic, climatic variables, natural disasters and fires, high-precision prediction of variables in the phase-time domain for long horizons of hundreds and thousands of years by instrumental measurements and paleodata.

Objects of research: time series of changes in heliocosmic and climatic variables, natural disasters and fires, curves of changes in climatic changes obtained by analysis of ice cores in Antarctica and bottom sediments in Antarctica.

Methods of research: wavelet phase-frequency and phase-time analysis of images of heliocosmic and climatic variables, natural disasters and fires; calculation of the consistency of changes in selected groups on a set of phase-time characteristics of variables in a sliding mode.

Main results of research: In the images of wavelet phase-time functions of many variables constructed from observations in 1600–2010, Jose periods of ~178 years were found, which are contained in changes in the characteristics of barycentric movements of the Sun, solar activity, solar

constant, CO_2 , N_2O , El Nino, solar wind, the level of the Caspian Sea, temperature in Greenland, the speed of rotation of the Earth, snow accumulation rates in the Indian Ocean sector of Antarctica, global temperature; cyclicity of changes in heliocosmic and climatic variables are consistent with changes in Baricentre; there is a significant difference in the consistency of changes in the phase-time characteristics of variables obtained at the southern hot and northern cold latitudes of the planet by about 2.1 times; in the northern part of the planet, changes in variables are more chaotic, due to the different influence of changes in the Baricentre variable, the magnetic fields of the Sun and the Earth on the variability of variables at different latitudes of the planet; significant variability and resonances of the phase characteristics of heliocosmic and climatic variables are observed by changes in Baricentre on the graphs of coordinated changes in groups of variables in the observed and predicted time intervals. The studies reveal multiple oscillatory responses of the Earth's climate system to the impact of the Baricentre variable due to the heterogeneity of its components and the Earth's magnetosphere in space. Changes in the set of phase-time characteristics of variables on the same graph in the observed and predicted time intervals in the interval $\pm \pi$ are displayed as changes



газов, уровня и энергетики океана изменениями Baricentr на графиках согласованных изменений групп переменных в наблюдаемых и прогнозированных интервалах времени. В исследованиях проявляются множественные колебательные отклики климатической системы Земли на воздействие переменной Baricentr, обусловленные неоднородностью ее составляющих и магнитосферы в пространстве. Изменения множества фазо-временных характеристик переменных на одном графике в наблюдаемых и прогнозированных интервалах времени в интервале $\pm\pi$ отображаются как изменения автоволн, свойственные самоорганизующимся системам, характеризующие климатические изменения в средах в совокупности влиянием переменной Baricentr

Ключевые слова: многосвязная колебательная климатическая система Земли, изображение вейвлетной фазо-временной функции, модель пилообразных изменений фазы, автоволны согласованности изменений групп переменных, резонансы, согласованность прогнозируемой переменной с изменениями барицентрических движений Солнца.

in autowaves characteristic of self-organizing systems, characterizing climatic changes in environments in combination with the influence of the variable Baricentre.

Keywords: a multi-connected oscillatory climate system of the Earth, an image of a wavelet phase-time function, a model of sawtooth phase changes, autowaves of consistency of changes in groups of variables, resonances, consistency of the predicted variable with changes in barycentric movements of the Sun.

ВВЕДЕНИЕ

Понимание процессов, происходящих в солнечно-земной системе, изменений климата и природных сред на Земле тесно связано с пониманием взаимодействий планет солнечной системы, в особенности, взаимодействием Солнца с крупными планетами системы. Энергия, получаемая элементами Земли от Солнца, определяется изменением расстояния между Землей и Солнцем, вариациями элементов орбиты Земли, в частности, угла наклона оси вращения Земли к плоскости эклиптики, эксцентриситета, климатической прецессии [1]. Изменение расстояния между центрами тяжести Земли и Солнца и солнечной энергии, получаемой Землей, определяется барицентрическим движением Солнца, обусловленное влиянием крупных планет солнечной системы: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна [2]. Энергия, излучаемая Солнцем в единицу времени, определяется его светимостью и активностью. Изменчивости солнечной активности, вулканических и тектонических процессов и климата на Земле, обусловленные барицентрическими движениями Солнца, вращением Земли, показаны в работах [3,4,6-9]. Эти результаты получены с использованием вейвлетного метода вычисления фазо-временных функций, фазо-частотных и фазо-временных характеристик исследуемых гелиокосмических и климатических переменных; на использовании одномерного непрерывного вейвлет-преобразования [5]:

$$(1) \quad Wf(a,b) = a^{-1/2} \int_{-R}^R f(t) \psi((t-b)/a) dt -$$

вычисление матрицы комплексных вейвлет-коэффициентов анализируемой функции $f(t)$; где R – область определения

функции $f(t)$ переменной времени b , a – задаваемый исследователем масштаб вейвлета $a = [1:k]$, зависящий от значения максимальной частоты сигнала $f(t)$, k – задаваемое значение масштаба вейвлета; $\psi(\cdot)$ – комплексный вейвлет 'cgau5'; преобразований: $\varphi_f(a,b) = \text{angle}[Wf(a,b)]$ – вычисление матрицы фазо-временной функции сигнала $f(t)$ реализацией формулы (1) в Matlab; $a1 = \varphi_f(a,\bar{b}) = \text{mean}(\varphi_f(a,b))'$ и $a1 = \varphi_f(a,\bar{b})$ – вычисления векторов фазо-частотных и фазо-временных характеристик функции $f(t)$ с знаками транспонирования (знак минус необходим для приведения соответствия знака преобразования $a2 = -\varphi_f(\bar{a},b)$ с изменениями реального сигнала); $\bar{b}$ и $\bar{a}$ – знаки усреднений матрицы $\varphi_f(a,b)$ по столбцам и строкам соответственно. В преобразовании (1) выбор задаваемого исследователем значения k масштаба a вейвлета определяет полосу основных (информативных) частот сигнала $f(t)$.

Статья является продолжением исследований автора, изложенных в [3, 4, 6-9], в которых изменение климата представляется как изменение взаимодействий множества гелиокосмических и климатических переменных в истории климата в частотной и временной областях (принцип множественности действующих факторов) влиянием барицентрических движений Солнца. Эти характеристики реализованы с использованием вейвлетного фазового метода, обработки результатов наблюдений $f(t)$, как сигналов, с применением комплексного вейвлета 'cgau5' в функции одномерного непрерывного вейвлет-преобразования `cwt` [5] с последующими

вычислениями усредненных векторных фазо-частотных $a1 = \varphi_f(a, \bar{b})$ и фазо-временных $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$ характеристик переменных. При этом изменение климата проявляется как изменение среднестатистических характеристик гелиокосмических и климатических переменных на воздействия множества действующих факторов, в которых барицентрические движения Солнца проявляется как управляющее движение.

Характерно то, что изменения гелиокосмических и климатических переменных эффективно обнаруживаются применением преобразований $a1 = \varphi_f(a, \bar{b})$ и $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$, построением графиков множества этих сравниваемых характеристик в двух системах координат, вычислением матриц корреляций (согласованностей изменений переменных) и коэффициентов к согласованностей к выбранного множества взаимодействующих переменных в заданном окне в скользящем режиме в интервале наблюдений с последующим построением графиков изменений этих коэффициентов.

В любой сфере планирования человеческой деятельности полезны и важны знания ожидаемых будущих значений результатов той или деятельности, динамики процессов, в особенности в эпоху глобального потепления климата с использованием доступных данных в современности, включая и исследования ледяных кернов в Антарктике. Изменения климата на Земле, его многочисленных составляющих, например, природных катастроф, вулканических извержений, землетрясений, уровня и температуры мирового океана, морских течений в океане и лесных пожаров, обусловлены изменениями множества гелиокосмических и климатических переменных в глобальном и региональном масштабах. Для решения этих задач представляется возможным использование вейвлетного фазового анализа наблюдаемых временных рядов, в которых наблюдения (измерения) с разными единицами измерения преобразуются в два множества с единицами измерений: (масштаб вейвлета (частота), время) и (фаза сигнала, время). В вейвлетном преобразовании (I) масштаб а вейвлета соответствует частота сигнала $f(t)$ и получаемая числовая матрица $\varphi_f(a, b)$ есть ранжированная от большего (сверху) к меньшему множество частот исследуемого сигнала $f(t)$, т. е. множество почти случайных разнoperиодических циклических процессов, которые по отдельности сравнительно легко могут быть прогнозированы.

В прогнозировании изменений глобального климата, природных сред используются положения: 1) изменения любых гелиокосмических и климатических переменных в текущие моменты времени обусловлены их взаимовлияниями с разными интенсивностями, что выражается в изменении их частотных составов и временных характеристик в фазовых областях; 2) изменения гелиокосмических и климатических переменных в наблюдаемом и прогнозируемом интервале времени могут быть представлены конечным набором усредненных выбранных частот изменений фаз переменных в интервале $\pm\pi$ с высокой точностью; 3) согласованность изменений прогнозируемой переменной с изменениями множества взаимодействующих переменных определяется чувствительностью физической среды изменений исследуемой переменной к воздействиям множества взаимодействующих переменных в фазовых областях.

В работах [10-18] приводятся исследования по прогнозированию переменных, формирующих климат на Земле, солнечной активности с использованием нейронных сетей и временных рядов. Недостатком этих методов является то, что при этом решаются сложные оптимизационные задачи в пространстве многих переменных, осуществляется подбор весовых коэффициентов модели прогнозируемой переменной в результате анализа реальных значений этой переменной и минимизации рассогласования реальных значений переменной с ее моделью в целевой функции многих переменных, при использовании которых наблюдается рассогласование между реальными наблюдениями и обобщениями нейронных сетей, неадекватностью модели и реальных данных на длительных интервалах прогнозирования. В существующих методах прогнозирования гелиокосмических и климатических переменных не учитывается тот факт, что изменение каждого из них обусловлено взаимовлияниями групп гелиокосмических и климатических факторов, изменяющих частотный состав прогнозируемой переменной; результатом прогнозирования в известных методах прогнозирования является незначительный горизонт прогнозирования.

В работе результаты исследований, характеризующие цикличность и силу взаимовлияний многих факторов в климатических изменениях Земли, отражаются полученными многочисленными графиками.

Обусловленность изменчивости сложной климатической системы изменениями множества взаимодействующих факторов исследуются и в работах нобелевских лауреатов по климату, в которых не приводятся конкретные

примеры прогнозирования, позволяющие оценить их эффективность [19].

Цель исследования: применение эффективного вейвлетного фазового метода анализа временных рядов [3, 4] для: 1) продолжения исследований о ведущем влиянии барицентрических движений Солнца на изменчивость гелиокосмических, климатических переменных, природных катастроф и пожаров; 2) прогнозирования изменений вейвлетных фазо-временных характеристик гелиокосмических и климатических переменных, глобальной температуры, вулканических извержений, уровня мирового океана, природных катастроф, морского течения Гольфстрим и региональных пожаров на продолжительный временной горизонт по данным инструментальных измерений на сотни лет; 3) прогнозирования палеоклиматических рядов, реконструированных по результатам изучения ледяных кернов со станции «Восток» в Антарктиде, донных отложений в Антарктике, орбитальных элементов Земли за последние 422 тыс. лет, на сотни тыс. лет; 4) вычисления коэффициентов согласованностей изменений заданных групп переменных в наблюдаемом и прогнозируемом интервалах времени как колебательных контуров.

Исходные данные

Решение задачи производится с использованием графиков изменений гелиокосмических и климатических переменных, природных сред, природных катастроф и пожаров, приведенных в мировой научной литературе, включая и исследования ледовых кернов, характеризующих изменение глобального климата в историческом прошлом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

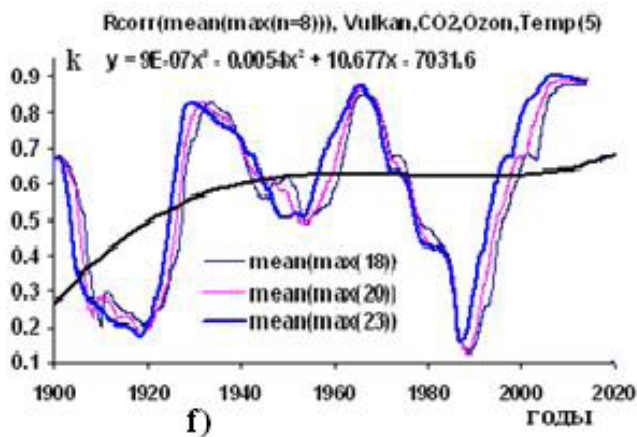
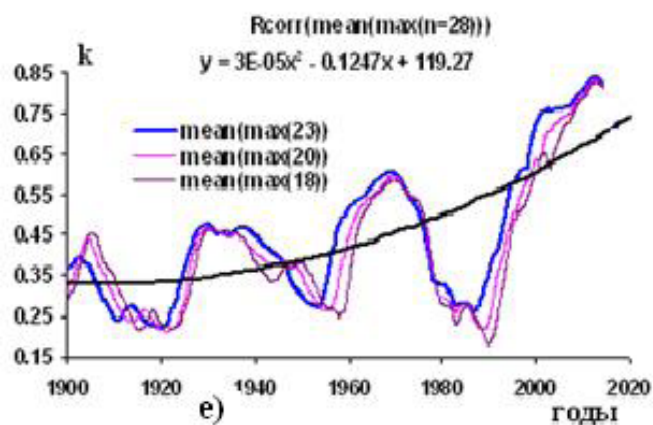
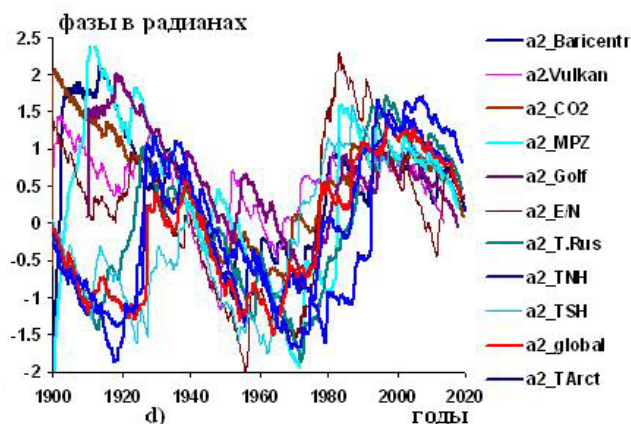
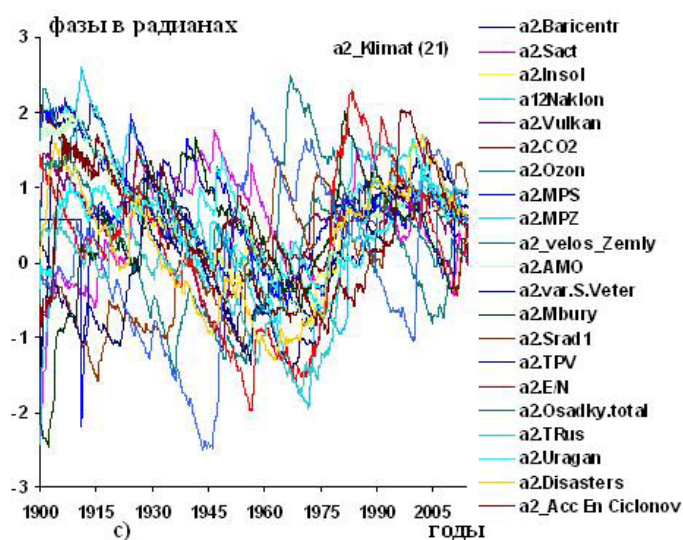
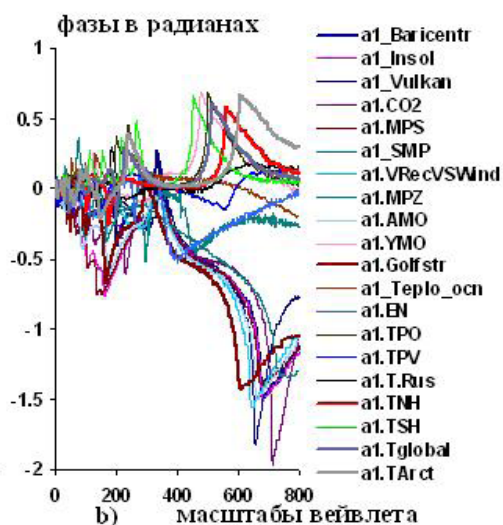
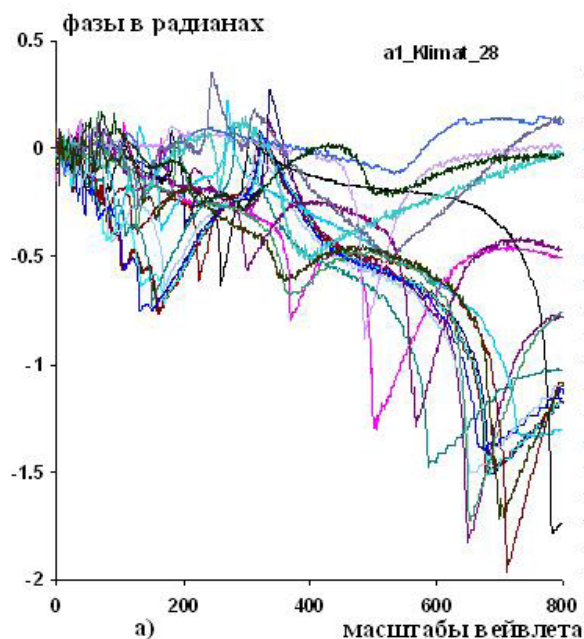
Выбор состава гелиокосмических и климатических переменных, определяющих климат на Земле по данным инструментальных измерений

В исследованиях [3, 4, 6-9] обнаруживается, что основными факторами, определяющими изменения климата на Земле, являются взаимообусловленные изменения гелиокосмических и климатических переменных: барицентрических движений Солнца (Baricentr) [20], солнечной активности (Sact) [21], многолетней солнечной инсоляции (Insol) [22], угла наклона Земли (Naklon) [22], вулканических извержений (Vulkan) [23], парниковых газов, из которых в исследованиях использованы изменения двуокси углерода CO_2 [24], общее содержание озона (OCO) в атмосфере [25], магнитного поля Солнца (MPS) и Земли

[26], уровня мирового океана (YMO) [27], землетрясений (Z.Tres) [28], скорости вращения Земли (Vel.Zemly) [29], вариаций многодекадных Североатлантических колебаний (AMO) [30], морского течения Гольфстрим в океане [31], вариаций солнечного ветра (var.S.Veter) [32], вспышек плазмы Солнца, магнитных бурь (M.Bury) [33], солнечная радиация (Srad) [34], температуры поверхности океана (TPO) [35] и приповерхностной температуры воздуха (TPV) [36], осцилляций Эль-Ниньо (E/N) [37], осадков в мире (Osadky) [38], теплосодержания океана в 700 метровом слое (Teplo.ocn) [39], температуры воздуха в Арктике (T.Arcticy) [40], глобальной температуры (T.global) [41], температуры в России (T.Rus) [42], температуры воздуха на северном и южном полушариях Земли (NH-Temp, SH-Temp) [43], ураганов (Uragan) [44], стихийных бедствий (Disasters) [45], аккумулированной энергии циклонов (Acc.En.Ciclonov) [46],

На графиках рисунка 1 приведены относительные изменения вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических и климатических переменных, характеризующих изменение климата на Земле по наблюдениям в 1900–2020 годы, обусловленных их взаимовлиянием как колебательных контуров. Переменные на графиках фазо-частотных характеристиках группируются по направленностям изменений фазовых характеристик на высоких периодах изменений, масштабах вейвлета и смешаны по частотам относительно друг друга. Эти особенности изменений переменных в частотной области отражаются на почти хаотических и сгруппированных периодических изменениях этих же переменных во временной области, приведенных на графиках с и d рисунка 1. На графиках b фазо-частотных характеристиках переменных выделены две группы. В нижней части графиков b рисунка 1 находятся изменения сильно согласованных друг с другом переменных (Baricentr, Insol, Vulkan, CO_2 , MPS, MPZ, AMO, YMO, Golsfrim и вариаций скорости солнечного ветра (var.S.wind)). В верхней части графиков b рисунка 1 находятся изменения значительно согласованных температурных переменных (T.Rus, TNH, TSH, T.global, T.Arct), TPO, TPV, E/N, Teplo.ocn), Первая группа переменных согласована с изменениями второй группы, за исключением изменений температуры в южном полушарии (TSH) с $k = -(0,21 \div 0,82)$. Изменения TSH существенно согласована с изменениями: Sact, MMP, Ap-index, OZON, YMO, Teplo.ocn, TPO, TPV, T.global, T.Rus, T.Arct с $k = [0,13 \div 0,45]$.

На графиках d рисунка 1 с фазо-временными характеристиками: Baricentr, Vulkan,



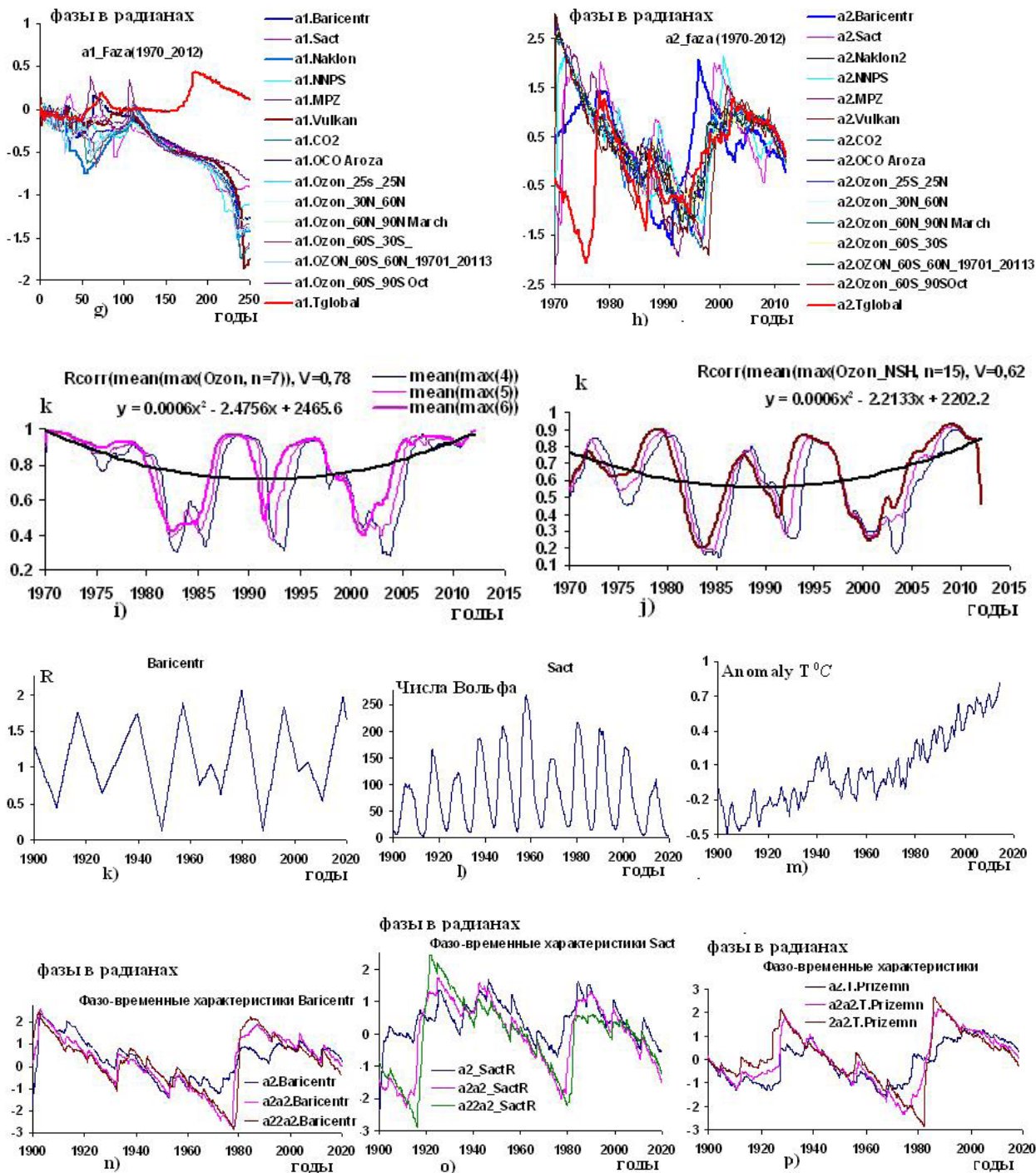


Рисунок 1. Графики изменений вейвлетных: а), б) фазо-частотных $a1_{-}\varphi(a, \bar{b})$ и в), д) фазо-временных $a2_{-}\varphi(a, b)$ характеристик групп гелиокосмических и климатических переменных; е) и ф) изменений коэффициентов корреляций k (согласованностей) вейвлетных фазо-временных характеристик групп гелиокосмических и климатических 28-и и 8-и переменных, соответственно: Baricentr, Vulkan, CO_2 , MPZ, Golfstrim, температур в Арктике (T.Arct), России (T.Rus), северном (TNH) и южном (TSH) полушариях, на планете (T.global)) в интервалах времени 1900–2020 годы по наблюдениям 18, 20, 23 лет в скользящем режиме с параметрами $(n1, n2)$, где $n1$ – число переменных, $n2$ – число дискретов в скользящем окне наблюдений; г) и h) фазо-частотных и фазо-временных характеристик: Baricentr, Sact, Naklon, NMPS, MPZ, Vulkan, CO_2 , Tglobal и концентраций озонового слоя по наблюдениям над Арозой (OCO Aroza) и на широтах северного и южного полушарий по наблюдениям в 1970–2012 годы: global (60°S–60°N), NH (30°N–60°N), tropics (25°S–25°N), SH (60°S–30°S), NH march (60°N–90°N), SH October (60°S–90°S); и) и j) согласованности изменений к озонового слоя в атмосфере над Арозой и на полушариях Земли на разных широтах ($n=7$ переменных) и согласованности изменений гелиокосмических переменных (Baricentr, Sact, Naklon, NMPS, MPZ, Vulkan, CO_2) озонового слоя в атмосфере в полушариях NH и SH Земли и глобальной температуры ($n=15$) по наблюдениям за переменными в 1970–2012 годы (графики получены коррелированием фазо-временных характеристик переменных в скользящем режиме по наблюдениям 4, 5 и 6 лет); к), l), m) и n), o), p) – графики изменений переменных Baricentr, Sact, Tprizemn (global) и их вейвлетных фазо-временных характеристик $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$, $2a2 = -\varphi_{a2}(\bar{a}, b)$, $3a2 = -\varphi_{2a2}(\bar{a}, b)$ полученных по наблюдениям в 1900–2020 годы.

CO_2 , MPZ, Golfsrim, E/N, T.Rus, TNH, TSH, T.global, T.Arct, изменяющиеся в интервале наблюдений в 1900–2020 годы, наблюдается перемежаемость, случайность изменений направлений, волны кривых в интервале 1900–2000 годы в почти периодическом режиме; то же самое наблюдается и на графиках с, h рисунка 1.

На графиках изменений вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик гелиокосмических и климатических переменных отражаются их интенсивность изменений; отражается теснота связи между группами переменных в частотной и временной областях, обусловленность изменений климатических переменных изменениями гелиокосмических переменных, циклический рост согласованностей изменений переменных при приближении к современности; отражается теснота согласованности изменений озонового слоя в атмосфере в полушариях Земли с изменениями гелиокосмических переменных: барицентрических движений Солнца (Baricentr), солнечной активности (Sact), угла наклона Земли (Naklon), напряженности магнитного поля Солнца (NMPS), магнитного поля Земли (MPZ), вулканических извержений (Vulkan), парникового газа CO_2 в наблюдаемом интервале времени изменяется в интервале $k = 0,65 \div 0,97$. При этом на графиках d рисунка 1 наблюдается, что вейвлетные фазовые характеристики $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$, соответствующие интенсивности изменений температур в Арктике (T.Arct), России (T.Rus), в Северном полушарии (TNH), глобальной температуры (T.global) и в Южном полушарии (TSH) с начала 2000 годов, располагаются в ранжированном порядке от большей интенсивности изменений температур на территориях к меньшей, что обусловлено свойством самонастраивающейся многокомпонентной динамической климатической системы, географической структурой Земного шара, динамикой океанических течений, структурами магнитных полей Солнца и Земли, установившимися солнечно-земными связями.

На графиках e и f рисунка 1 отображаются динамики согласованностей изменений совокупностей гелиокосмических и климатических переменных по наблюдениям в 1900–2020 годы: на графиках e, – изменения коэффициентов корреляций k $n=28$ гелиокосмических и климатических переменных, на графиках f согласованности изменений $n=11$ переменных: Baricentr, вулканических извержений (Vulkan), CO_2 , MPZ, Golfsrim, температурных переменных (T.Arct, T.Rus,

TNH, T.global, TSH). На графиках коэффициенты корреляций изменяются в колебательном режиме с циклами около 35 лет. Росту коэффициента соответствует рост согласованности переменных, потепление; падению коэффициента корреляции между переменными соответствует похолодание. На графиках e наблюдается рост согласованности, взаимное усиление всех 28 наблюдаемых переменных с начала наблюдений 1900 года с $k=0,39$ до $k=0,82$ в 2010 г. по нелинейному закону.

На графиках f также отображается изменение, рост парникового эффекта к современности взаимодействием переменных: Vulkan, CO_2 и перечисленных температурных составляющих. Графики e и f рисунка 1 отображают то, что изменение климата на Земле является результатом взаимодействия множества гелиокосмических и климатических переменных, «притирающихся» друг другу многие миллионы лет влиянием главного действующего фактора; отражается изменчивость согласованностей множества климатообразующих переменных. Графики получены коррелированием исследуемых кривых фазо-временных характеристик $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$ переменных в интервалах корреляций 18, 20, 23 лет с вычислениями средних (mean) и максимума (max) в матрице корреляций между переменными в скользящем режиме (матрица корреляций между переменными в заданном окне наблюдений в Matlab вычисляется процедурой 'corrcoef').

Графики i и j рисунка 1 характеризуют цикличность согласованности изменений озонового слоя в атмосфере на разных широтах полушарий Земли влияниями факторов и рост согласованности изменений глобальной температуры с изменениями озонового слоя в атмосфере в полушариях при приближении к современности с периодичностью около 11 лет.

На графиках n, o, p рисунка 1 отображаются свойства переменных Baricentr, Sact, Tglobal после последовательных преобразований: $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$, $2a2 = -\varphi_{a2}(\bar{a}, b)$, $3a2 = -\varphi_{2.a2}(\bar{a}, b)$, детали и интенсивности изменений переменных в разных временных интервалах, дискретность, структурированность изменений частот переменных с единицами измерения (фаза, время), приведенных на графиках k, l, m рисунка 1 с разными единицами измерений, неуловимых обычным зрением. На графиках n, o, p обозначаются 1920–1925, 1980 годы с особенностями, которые трудно заметны на исходных графиках k, l, m рисунка 1, характеризующие климатические изменения.

Таблица 1. Коэффициентов корреляций переменных, характеризующих вариацию солнечной активности, магнитных полей Солнца и Земли, землетрясений и вращение Земли в фазо-частотной области с изменениями Baricentr по наблюдениям в 1910–2012 годы

Sact	Insol	Srad	VrecS	MPZN	MPZS	MPZ	M.bury	NMPS	MMZ	VSvet	ZTres	LOD
0,82	0,93	-0,04	0,96	0,30	0,53	0,88	0,68	0,90	0,93	0,88	0,91	-0,21

Анализ согласованности изменений гелиокосмических и климатических переменных в фазо-временной области в разных интервалах наблюдений с изменениями барицентрических движений Солнца

Целью анализа является установление согласованности изменений многих физических процессов, наблюдаемых и измеряемых с использованием современных инструментов, в компонентах климатической системы Земли: атмосферы, гидросферы, криосферы, литосферы и биосферы, связанных с процессами, происходящими в недрах Солнца, волновой и лучистой энергии Солнца с барицентрическим движением Солнца (Baricentr). Такими измерениями (наблюдениями) являются, например: солнечная активность (Sact), инсоляция (Insol), радиация (Srad), вариации солнечного ветра (Var.S.veter) [32], скорости дрейфов магнитных полюсов Земли (северного (MPZN) и южного (MPZS)) [47], магнитное поле Земли (MPZ) [48], напряженность магнитного поля Солнца (NMPS) [49], геомагнитные бури (M.bury) [33], изменение магнитного момента Земли (MMZ) [48], вариации скорости солнечного ветра (V.S.veter) [26], реконструированной скорости изменений солнечного ветра (V.Recon.S) [49], изменение продолжительности суток (LOD), землетрясений (Z.Tres) [28], вулканических извержений (Vulkan), и других переменных в интервале наблюдений 1910–2012 годы; наблюдения Sact, Vulkan, CO_2 , CH_4 , N_2O , Temp, полученные в интервале 1610–2012 гг.

Анализ основан на вычислении вейвлетных фазо-частотных $a1 = \varphi_f(a, \bar{b})$ и фазо-временных $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$ характеристик множества наблюдаемых переменных $f_i(t)$, $i = 1, \dots, n$ как наиболее информативных в изменении переменных, их отображении на изображениях при необходимости и графиков, в вычислении мер согласованностей их изменений в частотной и временной областях. Для удобства анализа разделим множество переменных на группы. В первую группу включены барицентрические движения Солнца (Baricentr) и переменные, характеризующие изменения, происходящие в недрах Солнца и Земли: солнечная активность (Sact),

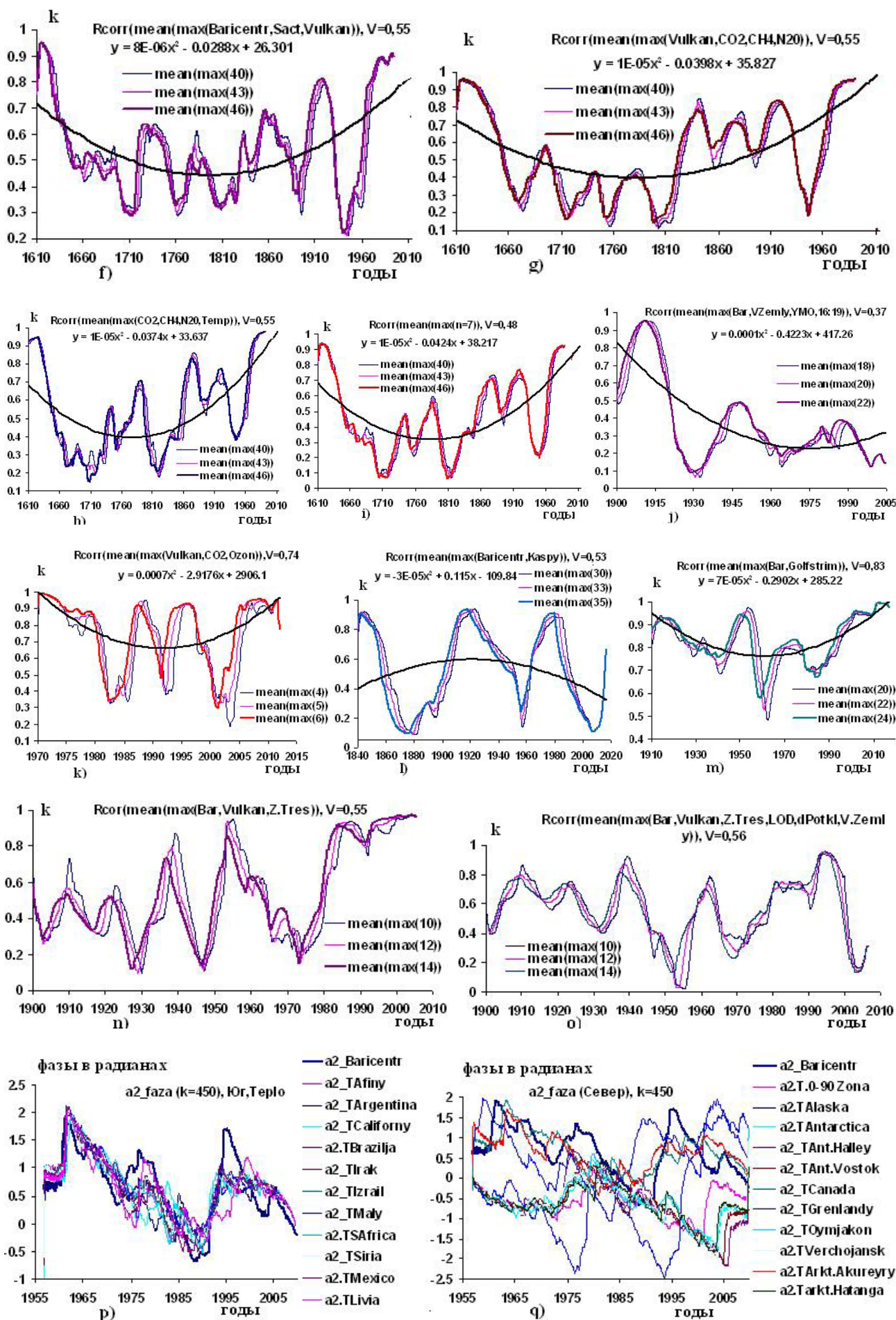
инсоляция (Insol), солнечная радиация (Srad), реконструкция скорости солнечного ветра (V.recontr.S), смещений (дрейфы) магнитных полюсов Земли (северного (MPZN) и южного (MPZS)), магнитное поле Земли (MPZ), магнитные бури (M.bury), напряженность магнитного поля Солнца (NMPS), магнитный момент Земли (MMZ), вариации солнечного ветра (V.S.Veter), землетрясения (Z.Tres), колебания длительности суток (LOD). На графиках а рисунка 2 представлены относительные изменения фазо-частотных характеристик перечисленных выше переменных по наблюдения в 1910–2010 годы.

В таблице 1 и на графиках рисунка 2а наблюдается значительная согласованность с $k = |0,21 \div 0,93|$ изменений фаз переменных в частотной области, за исключением изменений солнечной радиации (Srad) с изменениями барицентрических движений Солнца в наблюдаемом интервале времени. В интервале наблюдений 1850–2050 годы переменные Srad и Baricentr в фазо-частотной области согласованы с $k = -0,15$, в фазо-временной области с $k = 0,39$.

На графиках рисунка 2b отображается согласованность изменений группы 13 переменных, приведенных в таблице 1 с изменениями барицентрических движений Солнца (Baricentr) в фазо-временной области, на которых наблюдаются согласованный рост фаз изменений группы переменных с 1980 годов к современности.

На графиках рисунка 2с отображаются изменения скорости движений магнитных полюсов Земли: северного (MPZN) и южного (MPZS), согласованные с изменениями Baricentr в фазо-временной области; наблюдается снижение фаз изменений переменных, обусловленное снижением скорости движений магнитных полюсов при приближении к современности, отмеченное и в работе [50]. Графики b и c на рисунке 2 получены усреднением матрицы корреляций переменных $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$ в окнах 20, 22, 24 лет наблюдений в скользящем режиме.

На графиках e÷i рисунка 2 отображаются согласованности изменений $n=7$ второй группы переменных: Baricentr, Sact, Vulkan, CO_2 , CH_4 , N_2O , Tglobal по наблюдениям в



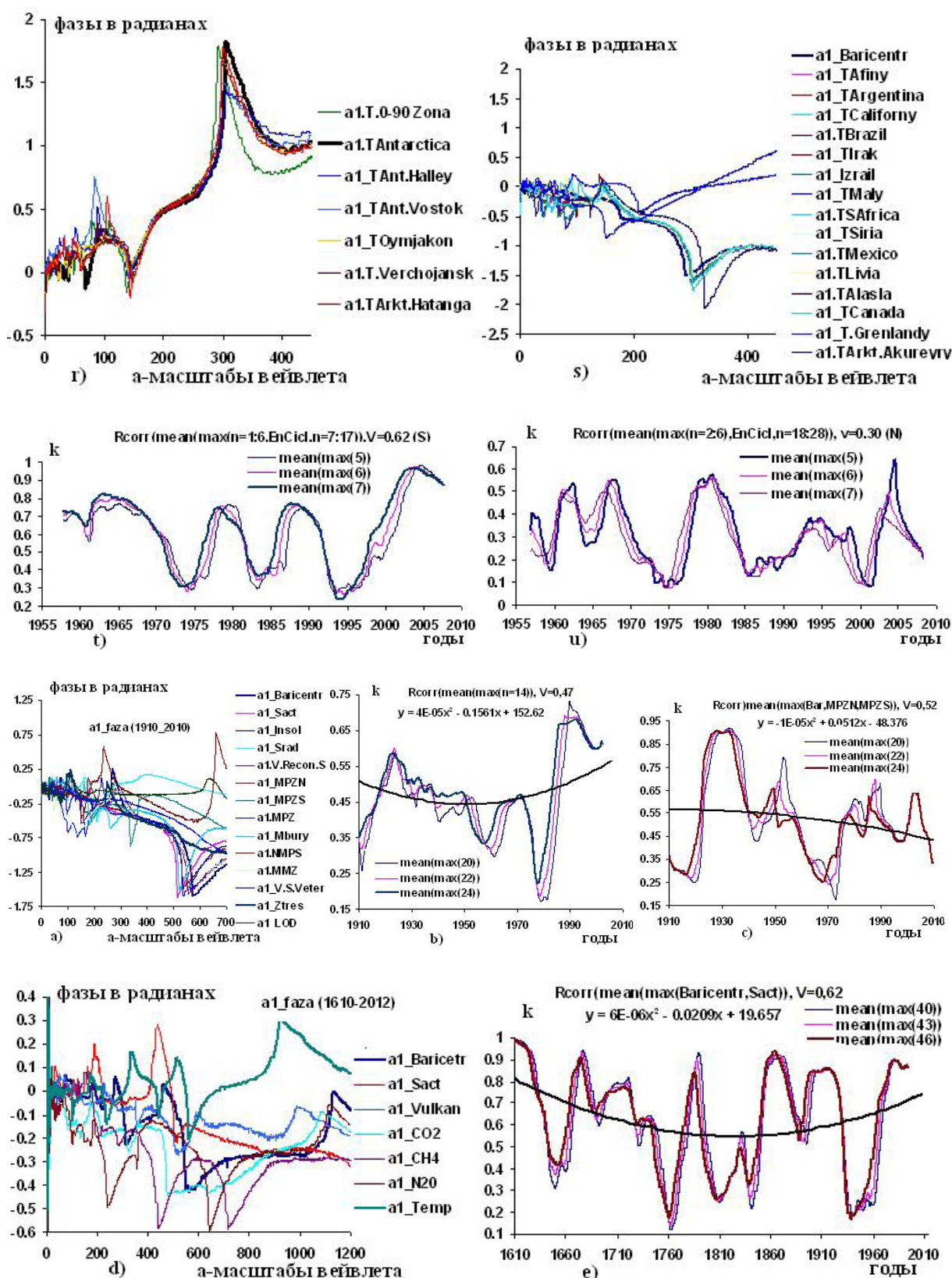


Рисунок 2. Графики вейвлетных фазо-частотных характеристик (ВФЧХ) гелиокоsmических и климатических переменных и согласованностей к указанным на графиках групп переменных в фазо-временной области в интервалах наблюдений: а) ВФЧХ движений Солнца и переменных, характеризующих активность Солнца и Земли (Baricentr, Sact, Insol, Srad, V.reconstr.veter, MPZN, MPZS, MPZ, M.bury, NMPZ, MMZ, V.S.veter, Z.Tres, LOD); б) изменений коэффициента k $n=14$ переменных, перечисленных выше; в) изменений коэффициента k Baricentr и скоростей дрейфа магнитных полюсов Земли MPZN и MPZS; д) ВФЧХ переменных (Baricentr, Sact, Vulkan, CO_2 , CH_4 , N_2O , Tglobal) по наблюдениям в 1610–2012 годы [20, 23, 51, 52, 53]; е) изменений коэффициента k : Baricentr, Sact, ф) Baricentr, Sact и Vulkan, г) парниковых газов CO_2 , CH_4 , N_2O , влиянием вулканических извержений Vulkan, и) Tglobal влияниями CO_2 , CH_4 , N_2O (парниковый эффект); ж) всех $n=7$ переменных, перечисленных в д) влиянием переменной Baricentr; з) скорости вращения Земли

V.Zemly, YMO, осадков на Земле (Osadky), льдов в Арктике (Led.Srct), наступающих льдов в полушариях (Lednicy,nast. NSH) Земли, морских льдов (Led.More) влиянием переменной Baricentr в интервале наблюдений 1900–2005 годы; k) Baricentr, концентрации озонового слоя в атмосфере в полушариях Земли (n=7), CO_2 по наблюдениям в 1970–2010 годы; l) Baricentr, изменения уровня Каспийского моря по наблюдениям в 1840–2018 годы; m) Baricentr, изменения интенсивности течения Гольфстрим; n) Baricentr, Vulkan, землетрясения Z.Tres; o) Baricentr, Vulkan, Z.Tres, LOD, dPotkl по наблюдениям в 1910–2010 годы; p), q) вейвлетные фазо-временные и r), s) фазо-частотные характеристики изменений температуры воздуха в странах и территориях, расположенных на теплых и холодных районах Земли по наблюдениям в 1957–2010 годы: в Антарктиде, в пунктах Халли и Восток [54], Оймяконе [55] и Верхоянске [56], Якутии [57], в Арктических Хатанге [58] и Акюрейри [59], Афинах, Аргентине, Калифорнии, Бразилии, Ираке, Израиле, Мали, южной Африке, Сирии, Мехико, Ливии, Аляске, Канаде, Гренландии [60], а также изменений переменной Baricentr; t), u) изменений коэффициента согласованности k переменных: Baricentr, аккумулированной энергии циклонов (асс. En.Ciclon), магнитных полей Солнца и Земли (NMPS, MMZ, MPZ, Mbury, реконструированной скорости солнечного ветра (RSW) с изменениями приземных температур в южных и северных территориях Земли, приведенных на графиках p и q рисунка 2 соответственно.

1610–2012 годы в фазо-частотном и фазо-временном областях. На графиках d кривые фазо-частотных характеристик Sact, Vulkan, CO_2 , CH_4 , N_2O , согласованы с изменениями Baricentr с $k = |0,48 \div 0,77|$, изменения глобальной температуры согласованы с изменениями Baricentr с $k = -0,13$.

На приведенных графиках и числовых характеристиках согласованностей изменений гелиокосмических переменных, парниковых газов в атмосфере и глобальной температуры в продолжительное время проявляется ранжированность, обусловленность влияния групп переменных на изменение климата: активизация деятельности Солнца влиянием барицентрических движений Солнца, активизация вулканических извержений влиянием переменных Baricentr и Sact, изменчивость производства парниковых газов в атмосфере с изменениями вулканических извержений, активизация температурных изменений с изменениями концентрации в атмосфере парниковых газов, парникового эффекта. На графиках e-i рисунка 2 наблюдаются значительные согласованности изменений сравнимых переменных с $V = 0,48 \div 0,62$ изменениями барицентрических движений Солнца в продолжительном интервале наблюдений, проявляются особенности изменений солнечной активности и солнечной постоянной: минимумы в окрестностях 1700, 1800, 1900, 1960 годов, согласованные с изменениями переменной Baricentr.

В изменениях многочисленных гелиокосмических и климатических переменных в наблюдаемых интервалах времени влиянием барицентрических движений Солнца и взаимовлияний составляющих группы на графиках аппроксимаций второго порядка на рисунках обнаруживаются два типа изменчивости тесноты связи, – положительная и отрицательная согласованности между множествами переменных. При положительной тесноте связи наблюдается рост

коэффициента согласованности между переменными при приближении к концу интервала наблюдения. На графиках рисунка 2 к такому типу связи между переменными относятся все графики, кроме графиков с и j. К отрицательному типу относятся падение скоростей движений магнитных полюсов Земли влиянием переменной Baricentr (графики с на рисунке 2), и изменения переменных (скорости вращения Земли (V.Zemly), YMO, Osadky, Led. Arct, наступательных составляющих ледников на полушариях Земли (Lednicy,nast.NSH), морских льдов (More.Led)) влиянием переменной Baricentr, – графики j на рисунке 2. На длительных интервалах наблюдений, например, на графиках рисунка 2, проявляются оба типа согласованностей изменений переменных.

Приведенные графики, уровни согласованностей изменений элементов системы, характеризуют отклики взаимодействий между гелиокосмическими и климатическими переменными в самоорганизующейся климатической системе Земли на воздействие барицентрических движений Солнца (Baricentr), вулканических извержений и парниковых газов в фазо-временной области в продолжительных интервалах времени.

На графиках рисунка 2 проявляются закономерности: 1) изменения гелиокосмических и климатических переменных: солнечной активности, напряженности магнитных полей Солнца и Земли, инсоляции, вулканических извержений, землетрясений, парниковых газов и озонового слоя в атмосфере Земли, изменений температуры поверхности и уровня океана, аккумулированной энергии тропических циклонов и природных бедствий, глобальной температуры в фазо-временной области по наблюдениям в 1900–2020 годы значительно согласованы, с $k = |0,51 \div 0,74|$ в среднем и обусловлены изменениями барицентрических движений Солнца; 2) в фазо-частотной области (графики a, b, g на рисунке 1), основной характеристики взаимообусловленностей изменений

гелиокосмических и климатических переменных, согласованности изменений между гелиокосмическими переменными (*Sact*, *Insol*, *Naklon*, *Vulkan*, CO_2 , *Ozon*, *MPS*, *MPZ*, *Srad*, *YMO*, *TPV*, *TPO*, *En.Trop.Cicl*, *E/N*) и переменной *Baricentr* значительны с $k = [0,42-0,94]$. Это означает, что частотные характеристики этих переменных и их изменения по фазе значительно согласованы с изменениями *Baricentr* в частотной области; имеется существенная согласованность и изменений климатических переменных (*T.global*, *T.Arct*, *TNH*, *TSH*), ураганов, природных катастроф (*Uragan*, *Disasters*) и *Baricentr* с $k = \sim [0,1-0,72]$ в фазо-частотной области; 3) изменения содержания наступающей составляющей горных ледников на полушариях Земли, интенсивность теплового течения Гольфстрим, уровня Каспийского моря, составляющих мирового водного баланса: стоков крупных рек, состояний ледников на полушариях, уровней морей и озер, уровней промерзаний почв [61], процессов, происходящих на Солнце [6], глобальное потепление [7], также обусловлены изменениями барицентрических движений Солнца; 4) на графиках рисунка 2 по данным переменных *Baricentr*, *Sact*, *Vulkan*, CO_2 , CH_4 , N_2O , *Tglobal* в 1610–2012 годы наблюдается переломное время изменения современного климата, – это 1800 годы; в эти годы главные факторы климатической системы с фазы несогласованных изменений переходят в фазу согласованно возрастающих.

По наблюдениям в 1910–2020 годы интенсивность изменения теплового течения Гольфстрим согласована с изменениями *Baricentr* с $k = 0,97$ в фазо-частотной области и с $k = 0,88$ в фазо-временной области, согласовано изменение солнечной активности *Sact* с изменениями *Baricentr* с $k = 0,77$ в фазо-частотной области и с $k = 0,81$ в фазо-временной области по наблюдениям в 1610–2012 гг. Изменение уровня Каспия согласовано с изменениями *Baricentr* с $k = -0,97$ в фазо-частотной области и с $k = -0,41$ в фазо-временной области по наблюдениям в 1840–2016 гг.; изменение энергии тропических циклонов согласовано с изменениями *Baricentr* с $k = 0,90$ и $k = 0,61$ в фазовых областях по наблюдениям в 1900–2020 годы, вулканических извержений с $k = 0,60$ и $k = 0,71$ по наблюдениям в 1595–2014 гг., льдов в Арктике с $k = 0,68$ и $k = 0,28$ к изменениям *Baricentr* по наблюдениям в 1900–2005 гг., соответственно.

Анализом графических изображений вейвлетных фазо-временных функций $\varphi_f(a, b)$ и $\varphi_{a2}(a, b)$ по наблюдениям в 1002–2251 годы

оценены периоды изменений барицентрических движений Солнца в годах: 500,5, 178,5, 97,1 (23,8), 80,1 (21,0), 54,5 (11,2), 41,2 (11,9), 37,8 (11,2), 22,7 (6,6), 12,3 (3,8), 6,3 (1,8) (в скобках указаны CO_2 в разрезах изображений при заданных значениях k масштаба вейвлета). Некоторые из этих периодов наблюдаются и на разрезах изображений вейвлетных фазо-временных функций всех гелиокосмических и климатических переменных. В изменениях солнечной активности *Sact* по наблюдениям в 1610–2012 гг. обнаруживаются периоды в годах: 179,9, 53,5 (13,4), 39,6 (8,4), 21,3 (4,8), 12,1 (1,0), 6,2 (2,0), близкие к периодам изменений *Baricentr*; в изменениях CO_2 по наблюдениям в те же годы наблюдаются периоды: 176,9, 86,7 (23,0), 59,5 (10,7), 33,5 (4,8), 20,6 (3,0), 12,6 (3,0), 8,0 (2,9). Периоды изменений на графиках гелиокосмических и климатических переменных в окрестности 178 года, цикла Жозе [2], найдены также на разрезах изображений $\varphi_f(a, b)$ переменных: *Sconst*, CH_4 , N_2O , реконструированного графика изменений солнечного ветра [49], явления Эль-Ниньо [37], уровня Каспийского моря [64], температуры в Гренландии (*T.Grenl*) [60], отклонения угловой скорости вращения Земли от эталонной величины (*dPotkl*) [65] в изменениях фазо-временных характеристик $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$ переменных по наблюдениям в 1600–1968 гг. Период Жозе найден в графике изменений скорости снегонакопления с 1640 по 2014 гг. в Индоокеанском секторе Антарктиды, полученным геохимическим анализом ледяных шурфов и стратиграфических описаний снежных шурфов [66]; в спектре изменений имеются также периоды в годах: 170,4, 84,5, 67,7, 42,7, 30,7, 23,7, 20,9, 18,7, 12,3, 9,5, 4,4, некоторые из которых содержатся и в спектре периодов *Baricentr*. В интервале наблюдений графики ВФЧХ и ВФВХ скорости снегонакопления и *Baricentr* изменяются в противофазах и согласованы с $k1 = -0,25$ и $k2 = 0,04$; в окрестностях 1765, 1820, 1912, 1998 годов на графиках ВФВХ $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$, $2a2 = -\varphi_{a2}(a, b)$ скорости снегонакопления наблюдаются перестройки в режиме изменений переменной, обусловленные изменениями *Baricentr*. В статье [62] обсуждается динамическая синхронизация колебаний климата океана с барицентрическим движением Солнца.

Получены значительные согласованные изменения барицентрических движений Солнца (*Baricentr*) с изменениями переменных, содержащих в своих изменениях ~178-летние циклы Жозе: *Sact*, *Sconst*, *RSW*, *T.Grenl*, *E/N*, *Kaspy*, CO_2 , CH_4 , N_2O , *dPotkl* и *Vulkan*,

T.global по наблюдениям за переменными в 1600–1967,3 годы с $k = |0,37 \div 0,96|$ в фазо-частотной области и с $k = |0,39 \div 0,95|$ в фазо-временной области (с $k = 0,04$ с T.global); в наблюдаемом интервале времени изменения T.Grenl, Kaspy, Vulkan, T.global происходили в противофазе с изменениями основной группы переменных, с изменениями Baricentr, характерное в изменениях глобального климата.

Значительные согласованные изменения переменной Baricentr с резонансными изменениями гелиокосмических и климатических переменных, с изменениями процессов, происходящих на Солнце, в средах климатической системы в разных интервалах времени наблюдений в фазовых областях (частотном, временном), приведены в статьях [3,4,6-9]. Они показывают значительную согласованность изменений гелиокосмических переменных, изменений магнитных полей Земли и Солнца, энергии циклонов, изменений тепловой энергии океана, приповерхностной температуры над океанами, уровней мирового океана, озер и стоков рек, глубин оттаиваний вечных мерзлот, таяния ледников и многое другое с изменениями барицентрических движений Солнца с $k \sim |0,31-0,87|$ в фазо-частотной области.

В изменениях глобального климата в разных группах переменных наблюдаются противофазные изменения, но есть временные интервалы, в которых изменения большинства переменных в фазо-временной области происходят в одной фазе, согласованно, которые соответствуют глобальному потеплению, росту парникового эффекта. Такие рисунки наблюдаются на графиках с и d, e и f рисунка 1.

На графиках n и o рисунка 2 отображается глубокая циклическая связь грозных для людей процессов вулканических извержений Vulkan и землетрясений Z.Tres с $k = 0,86$, обусловленные вращением Земли, изменениями переменных LOD, dPOtkl, V.Zemly воздействием переменной Baricentr с $k = 0,19-0,22$ в фазо-частотной области по наблюдениям за переменными в 1900–2010 гг. В работе [67] указана связь изменений вулканических извержений, землетрясений и вращательных движений Земли, но не указана основная причина этих изменений, – гравитационное воздействие барицентрических движений Солнца.

Изменения вейвлетных фазовых характеристик температурных переменных в южных теплых и северных холодных регионах Земного шара по наблюдениям в 1957–2010 гг.

Известны различия изменений приземной температуры в теплых и холодных странах, населенные пункты с аномально, в

среднем, высокими и низкими температурами. Целью исследований является установление характерных признаков, причин таких аномалий.

В исследованиях использованы графики изменений приземных температур в разных регионах, метеостанциях земного шара: жарких, холодных, с аномальными признаками. Анализированы графики изменений температур в: в среднем в Антарктиде (Antarctica), в пунктах Халли (Ant.Halley) и Восток Антарктики (Ant.Vostok), Оймяконе (Oymyakon) и Верхоянске (Verchojnsk) в Якутии, в Арктических Хатанге (Arct.Hatanga) и Акюрейри (Arct.Akurery), Афинах (Afina), Аргентине (Argentina), Калифорнии (Calisorny), Бразилии (Brazil), Ираке (Irak), Израиле (Izrail), Мали (Maly), южной Африке (S.Africa), Сирии (Siria), Мехико (Mexico), Ливии (Livia), Т 0-90 Zona, Аляске (Alaska), Канаде (Canada), Гренландии (Grenlandy); анализированы также графики изменений Baricentr, NMPS, MMZ, MPZ, Mbuy, RSW, AccEnCiclon.

На графиках p и q рисунка 2 представлены графики относительных изменений фазо-временных характеристик температурных переменных стран, пунктов, принадлежащих к южным теплым и северным холодным регионам, соответственно. При этом изменения кривых на графиках коррелированы с $k1 = (0,75 - 0,98)$ и $k2 = |0,16 - 0,91|$; кривые на графиках в интервале наблюдений согласованы с $v1 = 0,74$ и $v2 = 0,36$. (Коэффициенты корреляций $r \geq |0,065|$ значимы с вероятностью 0,95 по критерию Стьюдента [63]). По графикам изменений вейвлетных фазо-временных характеристик группы исследуемых температурных переменных на территориях наблюдается значительный разброс в изменениях переменных на северных холодных территориях по сравнению с изменениями переменных, полученных в южных теплых регионах, обусловленный изменениями переменной Baricentr, магнитных полей Солнца и Земли.

Графики p и q являются яркими показателями отличий изменений климата на разных широтах земного шара влияниями комплекса гелиокосмических и климатических переменных системы, изменяемые движением Солнца относительно центра солнечной системы, влияниями планет-гигантов системы: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. На этих графиках отражаются укоренный рост приземной температуры и хаотичность ее изменений на северных широтах по сравнению с ее изменениями в южных широтах.

Графики r и s на рисунке 2 характеризуют относительные изменения исследуемой группы тех же переменных в фазо-частотной

области, не совпадающее с распределением переменных в фазо-временной области, они изменяются в противофазах. В этой области не наблюдается разделение переменных по региональным, теплым, холодным признакам. На графиках наблюдаются две группы распределений переменных в фазо-частотной области, образованные: 1) область притяжения фазо-частотной характеристики (ФЧХ) изменения температуры в Антарктике (графики r), численные значения фаз низких частот переменных отрицательные; 2) область притяжения ФЧХ изменений переменной Baricentr (графики s), численные значения фаз переменных на низких частотах положительные; наблюдается разделение второй группы на две составляющие. В составе переменных имеются составляющие, склонные к положительным изменениям фаз частот; к ним относятся изменения ФЧХ температур в Гренландии и Аляске.

Графики t и u на рисунке 2 отражают циклически разную согласованность приземных температурных изменений в теплых южных и прохладных северных регионах земного шара по наблюдениям за переменными в 1957–2010 годы влияниями барицентрических движений Солнца и аккумулированной энергии тропических циклонов; наблюдается существенная несогласованность, хаотичность с отношением $d = 0,72/0,34 = 2,1$, изменений температур на разных регионах в северной части, по сравнению с согласованными изменений температур в теплых (жарких) южных регионах. На графиках присутствуют 6, 10, 11, 16, 17, 19-летние циклы согласованных изменений температур воздуха на территориях.

Цикличность наблюдается в изменениях всех переменных климатической системы Земли с присутствием хаотической составляющей, обусловленной действиями и взаимодействиями как гелиокосмических, так и климатических, земных факторов, изменяющиеся барицентрическим движением Солнца, гравитационными силами.

Анализ согласованностей изменений природных пожаров, катастроф, ураганов, наводнений с изменениями гелиокосмических и климатических переменных и барицентрических движений Солнца

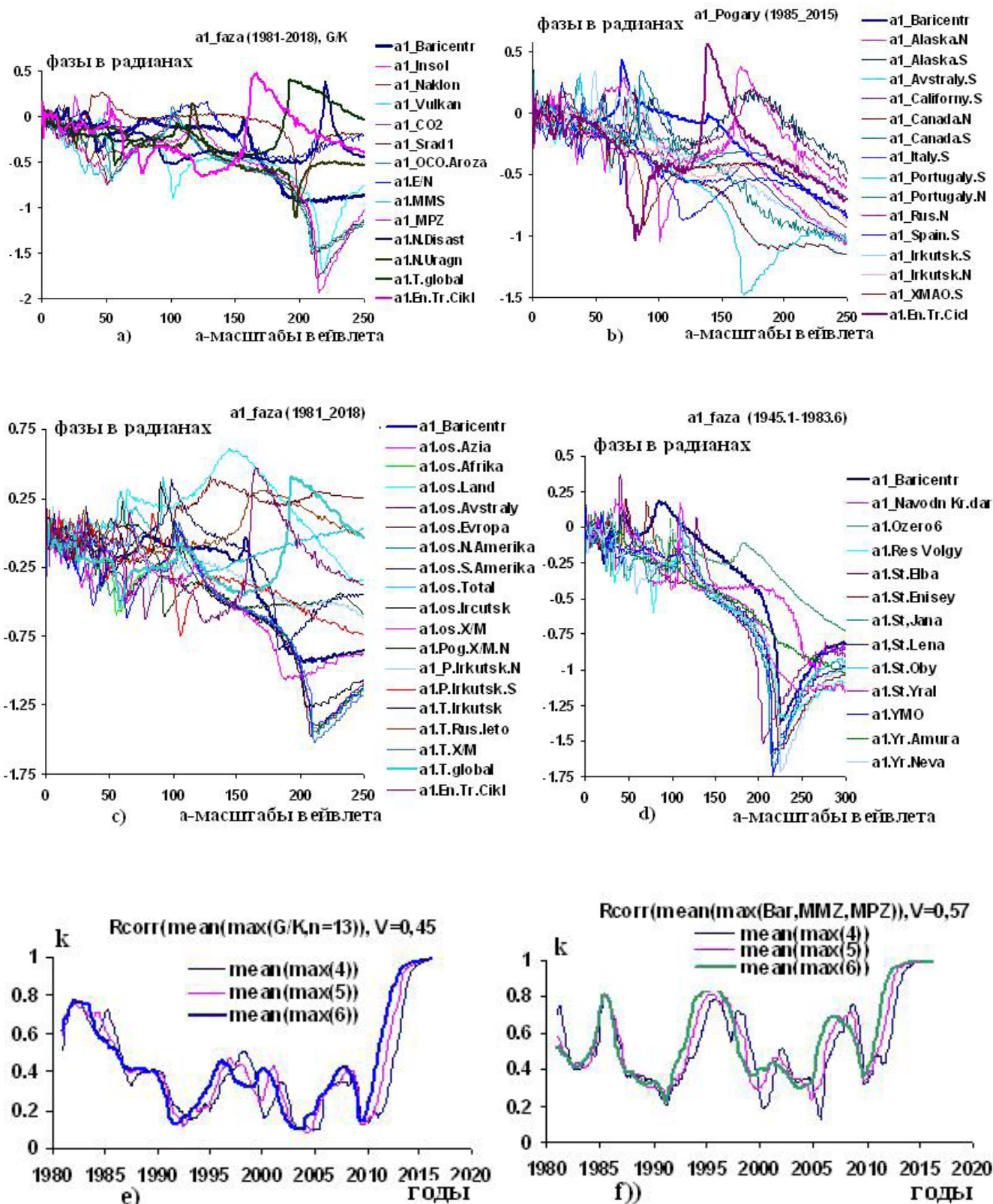
Представляют значительный интерес первопричины разрушительных природных явлений, таких как пожары, ураганы (смерчи, торнадо), половодья и наводнения и др. Заметим, что эти процессы также являются природными и возникают при взаимодействии воздушных потоков с океаном, водной средой

при определенных температурных условиях; разряды молнии, трение деревьев, самовозгорания некоторых веществ при определенных условиях окружающей среды, при хранении торфяных пластов при определенных климатических и микробиологических условиях, многое другое, и конечно, человеческий фактор. Все это происходит в окружающей нас среде с определенными климатическими условиями.

Эти условия могут быть установлены вычислением, построением графиков и анализом изменений вейвлетных фазо-частотных $a1 = \varphi_f(a, \bar{b})$ и фазо-временных $a2 = -\varphi_f(\bar{a}, b)$ характеристик множества взаимодействующих переменных: природных катастроф, ураганов, пожаров, изменений стоков $f_i(t)$, $i = 1, \dots, n$ с изменениями переменной Baricentr в соответствующих равных интервалах времени. На графиках рисунка 3 отражены относительные изменения групп исследуемых переменных в фазо-частотной области и согласованностей изменений этих групп в фазо-временной области в наблюдаемых интервалах времени с изменениями гелиокосмических переменных, с изменениями главного фактора, – барицентрических движений Солнца.

В изменениях вейвлетных фазо-частотных характеристик, представленных на графиках $a \div d$ рисунка 3 и фазо-временных характеристиках групп гелиокосмических (G/k), климатических переменных, изменений осадков, пожаров, температур, природных катастроф, наводнений, стоков, уровней рек и морей в выбранных в странах света наблюдений в указанных интервалах времени, проявляются глубокая связь, взаимообусловленность, самонастройка колебательных контуров системы друг с другом в частотной и временной областях.

В изменениях переменных проявляются следующие закономерности с изменениями барицентрических движений Солнца: 1) в фазо-частотной области G/k переменные согласованы с $k_1 = |0,23 \div 0,89|$, пожары с $k_2 = |0,18 \div 0,88|$, осадки с $k_3 = |0,48 \div 0,91|$, природные катастрофы и ураганы с $k_4 = 0,29 \div 0,92$, температуры с $k_5 = |0,20 \div 0,96|$, стоки, уровни рек и морей, наводнения с $k_6 = 0,80 \div 0,96$; в фазо-временной области согласованности изменения этих же групп переменных с изменениями переменной Baricentr составили: G/k переменные с $k_1 = |0,18 \div 0,60|$, пожары с $k_2 = |0,31 \div 0,81|$, осадки с $k_3 = |0,21 \div 0,67|$, природные катастрофы и ураганы с $k_4 = |0,12 \div 0,70|$,



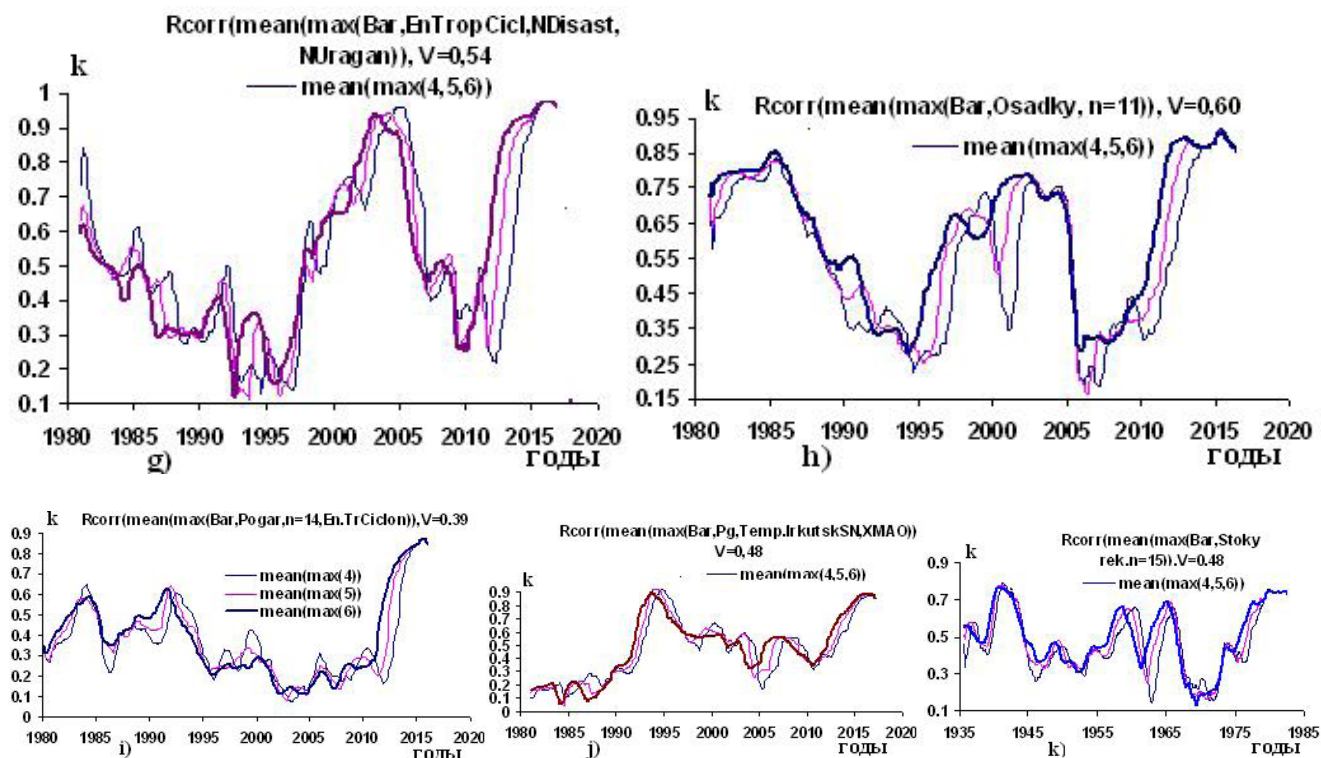


Рисунок 3. Графики изменений вейвлетных фазо-частотных характеристик гелиокосмических, климатических переменных, наблюдений осадков, пожаров, природных катастроф, наводнений, стоков и уровней крупных рек и согласованность их изменений с изменениями Баричесентр и других переменных в фазо-временной области: а) Baricentr, Insol, Naklon, Vulkan, CO_2 , Sradl, OCO Aroza, явление Эль-Ниньо (E/N), магнитный момент Земли (MMZ [26]), магнитное поле Земли (MPZ) [49], число природных катастроф (N.Disaster) [68] и ураганов (N.Uragan [69], T.global, аккумулированная энергия тропических циклонов (En.Tr.Ciklon [70]) по наблюдениям в 1981–2018 гг.; б) Baricentr, количество (N) и площади (S) пожаров в частях света: Alaska.N, Alaska.S, Avstraly.S, Californy.S, Canada.S, Canada.N, Maly.S, Portugaly.S, Portugaly.N, Rus.N, Spain.S, Irkutsk.S, Irkutsk.N [71], XMAO (X/M).S, En.Tr.Ciklon по наблюдения в 1985–2015 гг.; в) Baricentr, осадки, температуры в странах света: Azia Africa, Land, Avstraly, Evropa, N.America, S.America, Total, T.Irkutsk [72], X/M [73,74], T.global, En.Tr.Ciklon по наблюдениям в 1981–2018 гг.; д) Baricentr, стоки (St) и уровни (Yr) морей, рек и озер, наводнений: наводнение в Краснодарском крае (Navodn Kr_dar) (побережье Черного моря), Kaspuy [75], ресурс Волги (Res.Volgy [76]), St.Elba, St.Enisey, St.Jana, St.Lena, St.Oby, St.Ural, YMO, Yr.Amur [77], Yr.Neva, St.Neva [78] по наблюдениям в 1945–2014 гг.; графики коэффициентов k корреляций между переменными в фазо-временной области в 4, 5 и 6 лет в скользящем режиме в интервале времени 1981–2018 гг., е) переменных, приведенных на графиках рисунка 3 а; ф) переменных Baricentr, MMZ, MMP приведенных на графиках а рисунка 3; г) переменных Baricentr, аккумулированной энергии тропических циклонов (En.Trop.Ciklon), числа природных катастроф (Disastes) и ураганов (Uragan), приведенных на графиках а рисунка 3; h) переменных Baricentr, Osadky $n = 11$, приведенных на графиках с рисунка 3; i) переменных Baricentr, лесных пожаров (количества и по площади охвата (Pogary)), $n = 14$ в странах света, приведенных на графиках б рисунка 3; j) переменных Baricentr, пожаров и температур в Иркутской области и XMAO (Pg.Irkutsk, Temp); k) переменных Baricentr, стоков рек, уровней водоемов (Stoky rek, Uroven), приведенных на графиках d рисунка 3.

температуры с $k_5 = [0,12 \div 0,80]$, стоки, уровни рек и морей, наводнения с $k_6 = [0,12 \div 0,54]$; 2) графики согласованности изменений групп переменных с изменениями Баричесентр в наблюдаемых интервалах времени циклические с периодичностью около 11 лет; 3) при приближении к современности наблюдается рост согласованности всех групп переменных в Мире в фазо-временной области: осадков, температур, пожаров, стоков рек, морей, наводнений, природных катастроф, ураганов и других характеристик к единице. Это согласуется с тем, что в интервалах времени 1610–2012 и 1900–2018 гг. на графиках исследований

наблюдается циклический рост согласованностей изменений гелиокосмических и климатических переменных, приближаясь к единице, рост парникового эффекта взаимодействия парниковых газов в атмосфере и глобальной температуры, рост уровня моря и теплосодержания океана, вулканических извержений на суше и в океане; наблюдается рост приземной температуры как ростом парникового эффекта в атмосфере, так и ростом теплосодержания океана, в том числе, скорее всего, и ростом вулканических извержений в океане; 4) по наблюдениям за переменными в 1980–2018 гг. наблюдается

сильное влияние изменений барицентрических движений Солнца: на изменчивость гелиокосмических переменных с $V = 0,54$, на изменчивость MMZ и MMR с $V = 0,57$, на изменчивость осадков в странах света с $V = \sim 0,60$, на возникновение и распространение природных пожаров в странах с $V = \sim 0,39$, на изменение стоков крупных рек и уровней водоемов, наводнений в мире с $V = \sim 0,48$, на возникновение и распространение региональных пожаров (в Иркутской области и ХМАО) с $V = \sim 0,48$.

Исследованы согласованности изменений уровней рек Невы, Эльбы и Амура с изменениями напряженности магнитного поля Солнца (NMPS) и магнитного момента Земли (MMZ) по наблюдениям в 1895–1995 годы с построением графиков изменений; при этом средние значения коэффициентов согласованностей V рек составили: 0,60, 0,63, 0,58, соответственно. Изменения уровней этих рек с вариациями переменной Baricentr согласованы с $V \sim 0,60$.

Полученные результаты исследований позволяют уточнить принятое понятие климатической системы Земли [79], состоящей из пяти взаимодействующих компонентов: атмосферы, гидросферы, криосферы, литосферы и биосферы введением компоненты планетосферы и понятие активной среды системы [80]. В планетосферу входят Солнце и крупные планеты: Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, Земля солнечной системы, взаимодействующие и изменяющие траекторию движения Солнца (барицентр) в системе, элементы орбиты Земли (угол наклона, эксцентриситет и прецессия), инсоляцию и солнечную радиацию, скорость вращения Земли, продолжительность земных суток (LOD) и процессы, происходящие в неоднородных средах Солнца и Земли, гелио- и магнитосферу, океанические течения.

Климатическая система Земли как активная среда, автоволны, самоорганизация

Силы гравитации между планетами изменяют координаты центра масс Солнца в солнечной системе и процессы внутри неоднородной по структуре Солнца и Земли, изменяют орбитальные элементы Земли (эксцентриситет, наклон орбиты и климатическую процессию), изменяется энергия Солнца, получаемая Землей (инсоляция) пятью ее компонентами, взаимодействующие между собой. В солнечной системе солнечно-земные взаимодействия происходят в сложных циклических режимах.

В наблюдаемых неоднородных компонентах климата Земли происходят волновые, циклические процессы их изменений во времени, обусловленные изменениями элементов орбиты Земли, инсоляции и свойствами компонент климатической системы Земли, фиксируемые инструментальными датчиками во временных интервалах наблюдений (например, графики a, b, c, d, g, h на рисунке 1). Такими наблюдениями являются: T.global, T.Arct, Vulkan, Z.Tres, LOD, TPO, TPV, NMPS, MPZ. E/N, Osadky, M.bury и многие другие переменные, использованные в работе, в статьях автора [3, 4, 6–9], отражающие изменения в компонентах климатической системы, климат на Земле в соответствующих интервалах наблюдений.

Вычисленные и построенные графики вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик множества переменных климатической системы на двух рисунках характеризуют их относительную изменчивость. На рисунках с графиками фазо-временных характеристик многих переменных (например, графики c, d, h рисунка 1, графики b рисунка 4), проявляется структура, на которой наблюдается изменчивость согласованности между кривыми (элементами) структуры, изменяется форма и объем структуры во времени, характеризующие изменения климатических компонентов системы, обусловленные изменениями инсоляции, барицентрических движений Солнца, изменениями климатических элементов орбиты Земли, магнитных полей Солнца и Земли и других факторов. Изменяющиеся структуры, автоволны, в динамических системах были обнаружены в реакциях Белоусова-Жаботинского взаимодействия химических реагентов в реакциях, в активных средах [80], в автоволновых процессах (АВП) химических реакций [81].

Активность среды климатической системы Земли обусловлена тем, что: а) компоненты системы: атмосфера, гидросфера, криосфера, литосфера и биосфера находятся в режиме постоянного получения солнечной энергии; б) режим получения энергии Солнца компонентами системы обеспечивается взаимодействием крупных планет солнечной системы: Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и Земли, приводящий к непрерывному изменению координат Солнца в гелиоцентрической системе, изменению элементов орбиты Земли и других планет: эксцентриситета, наклона орбиты к плоскости отсчета и климатической прецессии, изменяющие единицы солнечной энергии, получаемой Землей во времени; в) разнопериодичностью процессов, происходящих в составляющих компонентов климатической системы.

Под активной средой понимается среда, способная усиливать электромагнитные волны определенной частоты в результате процессов вынужденного испускания на воздействия солнечной энергии [80]. В таких средах могут существовать автоволны, незатухающие волновые процессы, которые поддерживаются за счет постоянных источников. В активной среде обеспечивается распределенная энергия, источники. В климатической системе Земли таким источником является солнечная энергия, непрерывно получаемая ее компонентами. Под автоволновым процессом (АВП) принято понимать самоподдерживающийся в активной нелинейной среде волновой процесс, сохраняющий свои характеристики постоянными за счет распределенного в среде источника энергии. В климатической системе имеет место возникновение автоволновых структур, обусловленных за счет локальных взаимодействий компонентов климатической системы. Примерами таких структур являются графики c , d , h на рисунке 1 статьи, графики фазо-временных характеристик многих переменных, приведенных в работах [6-9], графики изменений коэффициентов k , характеризующих меру согласованности изменений геликосмических и климатических переменных с изменениями переменной Baricentr, изменениями парниковых газов и концентрации озона в атмосфере, обусловленные изменениями вулканических извержений, изменений глобальной температуры, приведенных на графиках 2 статьи. Такие структуры в активных средах любой физической природы называются турбулентными, они проявляются на графиках изменений вейвлетных фазо-временных характеристик множества гелиокосмических и климатических переменных, графиках изменений коэффициентов k согласованностей изменений переменных в соответствующих интервалах наблюдений.

На графиках e , f , i , j рисунка 1 отображаются усредненные согласованности элементов автоволновых структур, обусловленных локальным по времени взаимодействием компонентов (фазо-временных характеристик элементов компонентов) климатической системы, рост согласованности изменений переменных в современности, глобального потепления. Графики на рисунках 2, 3, 4 также отображают особенности локальных взаимодействий между элементами климатической системы, цикличность взаимодействующих составляющих, рост и изменчивость согласованности изменений переменных в эпоху глобального потепления и в глубоком палеоклимате в прошлом.

В компонентах климатической системы неравновесность и АВП поддерживаются за счет энергии Солнца и регулируются диффузией, теплопередачей, гидродинамическими потоками, конвекцией, испарениями, поверхностным натяжением в компонентах климатической системы Земли.

АВП являются одним из характерных проявлений самоорганизации, происходящей в распределенных, открытых и далеких от термодинамического равновесия системах [80], в климатической системе Земли. В этой системе, по причине разнопериодных взаимодействий между планетами, изменчивых (вероятностных) процессов на Солнце, солнечно-земных связях и взаимовлияний компонентов климатической системы Земли, на графиках обнаруживаются изменяющиеся по структуре автоволны, особенности самоорганизации климатической системы Земли; волны, изменяющиеся в интервале $\pm \pi$ в фазовой области, с переменными скоростями. Изменчивость скоростей автоволн в структурах компонентов климатической системы Земли отражается на графиках уравнений аппроксимаций, характеризующих согласованность изменений составляющих в компонентах климатической системы Земли, множеством наблюдений в соответствующих интервалах времени.

В климатической системе Земли, как в любой вероятностной системе, точность оценивания характеристик автоволн (направленность, скорость, ширина (объем) изменений), определяется мощностью множества наблюдений в климатических элементах, длительностью и точностью наблюдений за изменениями переменных, характеризующих изменчивость климата.

По причине распределенности в пространстве компонентов системы автоволновые структуры в климатической системе Земли наблюдаются только на экране компьютера, на представленных графиках, полученных при совместной обработке наблюдаемых данных на компонентах системы, которые проявляются в климатических изменениях.

Климатические автоволны, признаки самоорганизующейся климатической системы Земли, проявляются и прогнозируются и по палеонаблюдениям, исследований ледовых кернов в Антарктике [82], донных отложений в океане [83], изотопных изменений химических элементов в природе [84], раскрывающие природу, закономерности климатических изменений на Земле в продолжительных интервалах времени в прошлом. Климатическая система Земли является самоорганизующейся потому, что она является результатом

взаимодействия планет самоорганизующейся солнечной системы, устойчивых солнечно-земных связей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В работе приводятся результаты анализа множества взаимообусловленных переменных, характеризующих изменения климата на Земле в разных временных интервалах наблюдений. Показано, что самоорганизованные изменения множества переменных обусловлены самоорганизованными взаимодействиями планет солнечной системы, барицентрическим движением Солнца и солнечно-земными связями, влияющими на изменения гелиокосмических и климатических переменных Земли.

Установлено изменение климата на Земле, обусловленное взаимодействием планет солнечной системы, влиянием барицентрических движений Солнца (Baricentr) с гелиокосмическими и климатическими переменными Земли, установившимися солнечно-земными связями как колебательных контуров в элементах климатической системы Земли: атмосферы, гидросферы, криосферы, литосферы, биосферы Земли и планетосферы. Закономерности изменений гелиокосмических, климатических переменных, природных сред, вулканических извержений и парниковых газов, уровня океана и его энергетики, природных пожаров и катастроф также согласованы с изменениями Baricentr, выявленные анализом вейвлетных фазо-частотных и фазо-временных характеристик переменных по данным инструментальных измерений в 1955–2020, 1900–2020, 1621–2012 годы, палеоданным, полученным анализом ледяных кернов со станции «Восток» в Антарктике, донных отложений Антарктики, характеризующих историю климата Земли в 800 тысячелетии в прошлом.

В долговременных наблюдениях многих гелиокосмических, климатических переменных, переменной Baricentr в 1610–2012 гг., в вейвлетных фазо-временных характеристиках (ВФВХ) $a2 = -\varphi_r(\bar{a}, b)$, $2a2 = -\varphi_{a2}(a, b)$ найдены периоды Жозе в ~178 лет, с высокими корреляциями $k = |0,64 \div 0,96|$ в фазо-частотной области; такие же корреляции получены и по наблюдениям групп переменных на малых интервалах времени.

Изменение климатической системы Земли представлено как проявление самоорганизации в активной среде взаимодействий атмо-, гидро-, крио-, лито-, биосферы Земли и планетосферы, обусловленной самоорганизованным взаимодействием планет

солнечной системы и солнечно-земных связей, в которой изменяющаяся активность климатических сред Земли обусловлена наличием взаимодействий планет и солнечно-земных связей. При совместном анализе измерений климатических изменений в разных средах вейвлетным фазовым методом с построением графиков фазо-временных характеристик переменных на экране монитора наблюдаются автоволны с резонансно изменяющимися амплитудами в интервале $\pm\pi$, характерное для самоорганизующихся колебательных систем.

На изображениях фазо-временных характеристик переменных проявляются два типа изменений частотных составов: «непрерывный» и «дискретный», характеризующие разнотипность изменений физико-химических состояний в изменяющихся средах Земли и Космоса.

Наблюдается значительное отличие в изменениях фазо-временных характеристик переменных, произведенных в южных, теплых и в северных, холодных широтах планеты. Отличие заключается в изменении согласованности изменений переменных на широтах, примерно в 2,1 раза, с большей хаотичностью изменений переменных в северных широтах, обусловленной влиянием переменной Baricentr, магнитных полей Солнца и Земли к изменениям климатических переменных на разных широтах планеты в частотной области. Точности приведенных в работе количественных результатов соответствуют точностям инструментальных измерений данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков, В. М. Новая концепция орбитальной теории палеоклимата. / В. М. Большаков – М.: МГУ, 2003. – 256 с. – Текст: непосредственный.
2. Хлыстов, А. И. Барицентрические движения Солнца и его следствия для солнечной системы. / А. И. Хлыстов, В. П. Долгачев., Л. М. Доможилова. – Текст: непосредственный. // Труды ГАИШ, 1991. – Т. 62. – С. 111-118.
3. 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. 1.331, № 7. – С. 238-250.
4. 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.1.331, № 8. – С. 99-111.
5. Дьяконов, В. П. Вейвлеты. От теории к практике / В. П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс. 2010. – 400 с. – Текст: непосредственный.
 6. Алексеев, В. И. Применение вейвлетного фазового метода исследования сигналов к анализу асимметричных барицентрических движений Солнца и изменений процессов, происходящих на Солнце, околоземном пространстве и в недрах Земли / В. И. Алексеев. – Текст: непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2020. 3(58). – С. 7-35.
 7. Алексеев, В. И. Исследование согласованности изменений гелиокосмических и климатических переменных в условиях глобального потепления на основе вейвлетного фазового анализа. / В. И. Алексеев. – Текст: непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2022. 3(58). – С. 7-35.
 8. Алексеев, В. И. Исследование согласованности изменений вейвлетных фазовых характеристик гелиокосмических и климатических переменных и изменений составляющих мирового водного баланса. Часть 1. / В. И. Алексеев. – Текст: непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2022. – 3(66). – С. 121-136.
 9. Алексеев, В. И. Исследование согласованности изменений вейвлетных фазовых характеристик гелиокосмических и климатических переменных и изменений составляющих мирового водного баланса. Часть 2. / В. И. Алексеев. – Текст: непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2023. – 3(68). – С. 43-59.
 10. Sayyad, R.A. How to Use Convolutional Neural Networks for Time Series Classification. – 2020. – URL: <https://medium.com/Rehan/how-to-use-convolutional-neural-networks-for-time-series-classification-80575131a474> (data of application: 25.05.2023).
 11. Mehtab, S., Sen J/ Stock Price Prediction Using Convolutiona; Neural Networks on a Multivariate Project:Timeseries. Analysis and Forecasting of Financial Time Series. – 2020. – URL:https://www.researchgate.net/publication/338477393_Stock_Price_Prediction_Using_Convolutiona_Neural_Networks_on_a_Multivariate_Timeseries (data of application: 25.05.2023)
 12. Falco, M., Costa P., Romano P. Solar flare forecasting using morphological properties of sunspot groups. Journal Astrophysics. – 2019. – URL: <https://arxiv.org/abs/1905.05759> (data of application: 25.05.2023)
 13. Benson, B., Pan W., Prasad A., Gary G.A., Hu O. Forecasting Solar Cycle 25 Using Deep Neural Networks. Solar Physics. – 2020. – V.295. – № 65. URL: <https://doi.org/10.1007/s11207-020-01634-y> (data of application: 25.05.2023)
 14. Covas, E., Peixinho, N., Fernandes, J. Neural network forecast of the sunspot butterfly diagram. Solar Phys. – 2019. – 294(3), 24. DOI 10.1007/s11207-019-1412z
 15. Géron, A. Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and Tensorflow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems, O'Reilly Media, Newton. – 2019. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/hands-on-machine-learning/9781492032632/>
 16. Pala, Z., Atici, R., Forecasting sunspot time series using deep learning methods. Solar Phys. – 2019. – 294(5), 50. DOI: 10.1007/s11207-019-1434-6 <https://ui.adsabs.harvards.edu/abs/2019SoPh..50P/abstract>
 17. Labonville, F., Charbonneau, P., Lemerle, A A dynamo-based forecast of solar cycle 25. Solar Phys. – 2019. – 294(6), 82. DOI .10.1007/s11207-019-1480-0
 18. Siami-Namini, S., Tavakoli, N., Siami Namin, A. A comparison of arima and lstm in forecasting time series. In: 2018 17th IEEE International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA), 1394. DOI . 10.1109/ICMLA.2018.00227
 19. David Randall. Nobel winners made possible prediction of global warming and modern weather forecasting. 2021. – URL: <https://coloradonews.com/2021/10/12nobel-prize-physic-mathematics-climate-modeling/> y (data of application: 25.05.2023)
 20. Охлопков, В. П. Основные периодичности движения Солнца относительно центра масс Солнечной системы и солнечная активность / В. П. Охлопков. – Текст: непосредственный // Вестник московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2011. – № 6. – С. 138-142.
 21. International sunspot number. – 2021 – URL:https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fwww.woeppel.com%2Fimg%2Fsunspot_number.png (Sact) (data of application: 25.05.2023)
 22. Федоров, В. М. Инсоляция Земли и современные изменения климата. – М.: Физматлит. – 2018. – 232 с. – Текст: непосредственный.
 23. Volcano eruptions of 2014 and all eruptions since 1600 to present // The Big Wobble. 18 June 2016. – URL: <http://www.thebigwobble.org/2016/06/volcano-eruptions-of-2014-and-all.html>1 (data of application: 25.05.2023)
 24. Гладильщикова, А. А. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК): цикл шестого оценочного доклада / А. А. Гладильщикова, С. М. Семенов. – Текст: непосредственный // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2017. – Т. 2. – С. 13–25.
 25. Total ozone series at Arosa (CH): homogenization and data comparison / J. Staehelin, A. Renaud, J. Bader, R. McPeters, P. Viatte, B. Hoegge, V. Bugnion, M. Giroud, H. Schill // Journal Geophysics Research. – 1998. vol. D5. № 103, pp. 5827–5841.
 26. Кокоуров, В. Д. Многолетние изменения в системе Солнце-Земля / В. Д. Кокоуров. – Текст: электронный // Солнечно-земная физика. ИСЗФ СО РАН. – 2012. – URL: <http://rcrc2016.msu.ru/irkutsk/kok/changes.htm> (дата обращения: 10.04.2023)
 27. Sea level. – 2020. – URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>. (data of application: 25.05.2023)

28. Прогноз на 2018-й: Землю будет трясти со страшной силой. Газета.ru, – 20.11.2017 // gazeta.ru/science/2017/11/20_a_1094156.html (дата обращения: 20.04.2023)
29. Сидоренков, Н. С. Нестабильности вращения Земли и глобальные изменения природных ресурсов / Н. С. Касимов, Р. К. Клиге. – Текст: непосредственный. // Современные глобальные изменения природной среды. – Т. 2. – М. Научный мир, 2006. – С. 19-34.
30. Федоров, В. М. О возможной физической природе мультидекадного колебания в климатической системе Земли / В. М. Федоров, Д. М. Фролов. – Текст: непосредственный // Сложные системы. – 2019. – № 1 (30). – С. 26-40.
31. Flis, A. The Gulf Stream continues to slow down, new data shows, with freshwater creating an imbalance in the current, pushing it close to a collapse point. 2020. – URL: <https://www.severe-weather.eu/global-weather/gulf-stream-amoc-circulation-collapse-freshwater-imbalance-usa-europe-fa/> (data of application: 25.05.2023)
32. The evolution of the solar wind. – 2021 – URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41116-021-00029-w> (data of application: 25.05.2023)
33. Sunspot cycle and annual numbers of magnetic storms. – 2020. – URL: https://www.researchgate.net/figure/Sunspot-cycle-and-annual-numbers-of-magnetic-storms-Base-upon-The-earth-magnetic-fig5_335474902 (data of application: 25.05.2023)
34. Федоров, В. М. Тенденции изменения площади морских льдов в северном полушарии и их причины. Криосфера Земли. – 2015. – Т. XIX. – № 3. – С. 52-64. – Текст: непосредственный.
35. Федоров, В. М. Прогноз аномалии ТПО. – 2021. – URL: solar-climate.com/geo/ocean.htm (дата обращения: 20.05.2023).
36. Федоров, В. М. Прогноз аномалии ПТВ. – 2021. – URL: solar-climate.com/geo/ocean.htm (дата обращения: 20.05.2023).
37. El Nino unusually active in the late 20th century, study finds. – 2020. – URL: https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fniwa.co.nz (data of application: 25.05.2023)
38. Global precipitation anomaly. Our World in Data. – 2020. – URL: <https://ourworldindata.org/grapher/global-precipitation-anomaly> (data of application: 25.05.2023)
39. Climate Change Indicators: Ocean Heat. EPA: United States Environmental Protection Agency. – 2020. – URL: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-ocean-heat>. (data of application: 25.05.2023)
40. Semenov, V.A. modern Arctic Climate Research: Progress, Change of Concepts, and urgent Problems. Izvestiya, Atmospheric and Oceans Physics. Vol. 57, № 1, pp. 18-28. – 2021. – URL: <https://link.springer.com/article/10.1134/50001433821010114> (data of application: 25.05.2023)
41. Global Temperature Report for 2018. Posted on January 24, 2019 by Robert Rohde/berkeleyearth.org/2018-temperatures-new. 2019. – URL: <http://berkeleyearth.org/2018-temperatures-new/> (data of application: 25.05.2023)
42. По результатам мониторинга климата России, ведущегося в ИГКЭ, прошедшая зима была самой теплой за всю историю наблюдений. – Текст: электронный. – 2021. – URL: www.igce.ru/2020/04/по-результатам-мониторинга-климата-p/
43. Hemispheric temperature change. – 2021. – URL: researchgate.net/figure/hemispheric-temperature-change-Trend-of-hemispherical-temperature-anomaly-is-shown-for-fig2_350990531 (data of application: 25.05.2023)
44. Hurricanes and climate change. – 2021. – URL: <https://www.ucsusa.org/resources/hurricanes-and-climate-change> (data of application: 25.05.2023)
45. Ecological disasters and mental health: causes, consequences, and interventions. – 2021. – URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.00001/full> (data of application: 25.05.2023)
46. Climate change indicators tropical cyclone activity. – 2021. – URL: <https://www.climate-indicators.org/climate-change-indicators-tropical-cyclone-activity> (data of application: 25.05.2023)
47. Зверева, Т. И. Динамика главного магнитного поля Земли с 2001 по 2009 годы по данным спутника CHAMP. Научная конференция: Базы данных, инструментальные и информационные основы геофизических исследований 22-28 мая 2012 года. ИЗМИРАН.
48. The Earth's magnetic field: an overview. – 2021. – URL: <https://geomag.bgs.ac.uk/education/eartchmag.html> (data of application: 25.05.2023)
49. Lockwood M. Reconstruction and Prediction of Variations in the Open Solar Magnetic Flux and Interplanetary Conditions. Living Reviews in Solar Physics. 10 (4). – 2013. – URL: <https://link.springer.com/article/10.12942/lrsp-2013-4> (data of application: 25.05.2023)
50. Зверева, Т. И. Динамика главного магнитного поля Земли с 2001 по 2009 годы по данным спутника CHAMP. – Текст: электронный. – URL: https://docs.ru.yandex.ru/docs/view/?tm=1686788984&ted=ru&land=ru&name=Pol_ar_2012_Zvereva.pdf&text=графики (data of application: 25.05.2023)
51. Global temperature change – a geological perspective. – 2021. – URL: <https://rockyrexscience.blogspot.com/p/this-graph-shows-how-temperatures-have.html> (data of application: 25.05.2023)
52. Concentrations of greenhouse gases from 0 to 2005. 2006. – URL: <https://www.google.com/search?q=графики%20изменений%20парниковых%20газов%20новой%20э.р.е&tbm=ringCTTHproYj0ikYa7KXZFBsqL>. (data of application: 25.05.2023)
53. International sunspot number: Yearly mean and 13-months smoothed number. – 2022. – URL: https://yandex.ru/image/search?img_url=https%3A%2F%2Fniwa.co.nz (data of application: 25.05.2023)

54. Нестационарность средних значений в многолетнем ряду среднемесячных температур на метеостанции Халли. – 2022ю – URL: <https://cyberlenica.ru/article/n/temperaturnyy-rezhim-antarctidu-i-ego-izmereniya/viewer> (data of application: 25.05.2023). – Текст: электронный.
55. Годовое изменение температуры в Оймяконе. – 2022. – URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Оймякон_Россия_2122311 (data of application: 25.05.2023). – Текст: электронный.
56. Годовое изменение температуры Верхоянск. – 2022. – URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Верхоянск_Россия_2013465 (data of application: 25.05.2023). – Текст: электронный.
57. Годовое изменение температуры Якутск. – 2022. – URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Якутск_Россия_2013159 (data of application: 25.05.2023). – Текст: электронный.
58. Годовое изменение температуры Хатанга. – 2022. – URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Хатанга_Россия_2022572 (data of application: 25.05.2023). – Текст: электронный.
59. Годовое изменение температуры Акюрейри. – 2022. – URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Акюрейри_Исландия_2633274 (data of application: 25.05.2023). – Текст: электронный.
60. Unprecedented medieval warming temperatures. – 2022. – URL: https://yandex.ru/mages/seach?from_url=tabbar&img_url=https%3A%2F%2F (Grenland 1000-2000) (data of application: 25.05.2023)
61. Калужный, И. Л. Влияние климатических изменений на глубину промерзания почв в бассейне реки Волги. / И. Л. Калужный, С. А. Лавров. – Текст: непосредственный // Лед и снег. – 2016. – Т. 56, № 2. – С. 207-220.
62. Шерстюков, Б. Г. Динамическая синхронизация колебаний климата океана с барицентрическим движением Солнца. / Б. Г. Шерстюков. – Текст: непосредственный // Известия РАН. Серия географическая, – 2021, – Т. 85, № 3. – С. 380-391.
63. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА. – 2003. – 573 с.
64. Межвековой ход уровня каспийского моря с начала нашей эры. – 2000. -URL:<https://caspiy.net/dir3/sol/sol8.html?ysclid=ljh1ubor57255782481>(дата обращения: 30.05.2023). – Текст: электронный.
65. Современные глобальные изменения природной среды. Т. 3. Факторы глобальных изменений / под ред. Клиге Р. К., Хлыстова А. И. – М.: Научный мир, 2012. – 444 с. – Текст: непосредственный.
66. Владимирова, Д. О. Изменения климата в индоокеанском секторе Восточной Антарктиды за последние 350 лет. / Д. О. Владимирова А. А. Екайкин, В. Я. Липенков. – Текст: непосредственный // Лед и снег. – 2015. – Т. 55, № 4. – С. 5-18.
67. Ахвердиев, А. Т. Новые взгляды о происхождении вулканов и землетрясений / А. Т. Ахвердиев, Н. Ф. Нагиев, Р. Ю. Мамедов. – Текст: непосредственный // Евразийский союз ученых (ЕСУ). – 2020. – № 4 (73). – С. 41-44.
68. Неизбежность природных катастроф. – URL: https://yandex.ru/images/search?img_url=https%3A%2Fpbs.twimg.com (data of application: 25.05.2023). – Текст: электронный.
69. Annual number of Hurricanes and major Hurricanes (cat 3-5). – URL: https://yandex.ru/images/search?img_url=https%3A%2Ffinkonspekta.net%2Finfopediasu (data of application: 25.05.2023)
70. Accumulated cyclone energy index. Atlantic ocean 1948-2020. – URL: https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F (data of application: 25.05.2023)
71. Гамышев, В. В., Ващалова Т. В. Мониторинг лесных пожаров на территории Иркутской области на основе ретроспективного анализа. / В. В. Гамышев, Т. В. Ващалова // Вестник ИРГСХА. – 2019. № 93.
72. Гафики изменений температуры, осадков в иркутской области в 1979-2021 гг. – URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Иркутская-область_Россия_2023468 (дата обращения: 20.05. 2023). – Текст: электронный.
73. Графики изменений температуры ХМАО в 1897-2022 гг. – URL: www.pogodaiklimat.ru/history/23933.htm?ysclid=ljhahp6c3x473329073(дата обращения: 20.05. 2023)
74. Графики изменений температуры, осадков в ХМАО в 1979-2021 гг. – URL: https://www.meteoblue.com/ru/climate-change/Ханты-Мансийск_Россия_1503772 (дата обращения: 20.05. 2023). – Текст: электронный.
75. Observed Caspian sea level (CSL) change: 1840-2015. – URL: https://yandex.ru/images/search?img_url=https%3A%2F%2Fwindow2baku.com52Fimages (data of application: 25.05.2023)
76. Основные гидрологические характеристики рек бассейна верхней Волги./ Под ред. В. Ю. Георгиевского. Ливны. 2015. – Текст: электронный.
77. Архив данных по уровню реки Амур. – URL:<https://amur-bereg.ru/theards/archiv-dannyx-po-urovnju-r-amur.3149?ysclid=lji3jyul2340399> (дата обращения: 30.04.2023). – Текст: электронный.
78. Общая характеристика речного бассейна реки Нева. Книга 1. – Санкт-Петербург. – 2010. – 189 с. – Текст: непосредственный.
79. Мякишева, Н. В. Климатическая система Земли: прошлое и настоящее. Учебное пособие. – Санкт-Петербург. РГГМУ. – 2022. – 194 с. – Текст: непосредственный.
80. Активная среда. – URL: <https://пуни.рф/index/php/Активная-среда> (дата обращения: 20.05. 2023)
81. Трубецков, Д. И., Короновский А. А., Храмов А. Е., Ремпен И. С. Волны, структуры, самоорганизация. 2022. – URL: <https://www.squ.ru/sites/default/fibes/textdocsfiles> (дата обращения: 20.05. 2023). – Текст: электронный.

82. Васильев, Н. И., Результаты бурения скважины 5Г на российской станции “Восток” и исследование кернов льда. – Записки горного института) / Н. И. Васильев, А. Н. Дмитриев, В. Я. Липенков. – Текст: непосредственный // Геология. – Санкт-Петербург. – 2016. – Т. 218. – С.161-170.
83. Некоторые хроностратиграфические результаты сопоставления орбитально-климатической диаграммы с глобально-осредненной записью IrO_4 для интервалов времени 0 – 1,5 млн лет. – URL: <https://pandia.ru/text/82/625/17910.php> (дата обращения: 20.05. 2023). – Текст: электронный.
84. Изотопы в климатических исследованиях. – 2019. – URL: https://www.iava.org/sites/default/32406880915_ru.pdf (дата обращения: 20.05. 2023). – Текст: электронный.

