14. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Факторный анализ зоны многоэтажных жилых домов. www.doi.org: 2017. 27с. Doi 10.18411/e-2016-015.

15. Мазуркин П.М., Михайлова С.И. Факторный анализ сельхозугодий России // Матер. II междунар. научно-практ. конф. «Социально-экономическое развитие территории». Пенза: ПГУАС, 2015. С. 166-174. Doi 10.18411/a-2017-030.

ВОЛНОВЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЛОБАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ УГЛЕРОДА

(по данным Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx)

Мазуркин Петр Матвеевич
Докт. техн. наук, проф.,
Поволжский государственный технологический университет,
Йошкар-Ола, Россия

WAVE REGULARITY GLOBAL DYNAMICS OF CARBON

(according to Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx)

Mazurkin Peter Matveevich
Doc. tech. Sciences, Prof., Volga State Technological University,
Yoshkar-Ola, Russia

Аннотация.

Методом идентификации проведен вейвлет анализ ежегодной динамики с 1959 по 2016 годы шести факторов глобального бюджета углерода и получены двухчленные тренды и множества вейвлетов с переменными амплитудой и периодом колебаний. Показаны особенности изменения параметров вейвлетов. Для вектора роста глобального бюджета углерода выделены положительные и отрицательные вейвлеты. Показаны критические для будущего вейвлеты с амплитудой по закону показательного роста. Кроме первого члена, показывающего естественный процесс, все остальные составляющие общей модели характеризуют, как правило, природно-антропогенное или даже антропогенное влияние. При этом двухчленный тренд является предельным состоянием двух вейвлетов с периодом, равным бесконечности. Более трудным является изучение и последующее изменение влияния океана и выбросов в атмосферу. Необходим технологический прорыв во влиянии ископаемого топлива и промышленности. По влиянию ископаемого топлива и промышленности на бюджет углерода вектор поведения человечества понятен – нужна технологическая революция для формирования безотходной промышленности с безотходными технологиями использования ископаемого топлива. Иначе влияние океана на глобальный бюджет углерода будет только нарастать.

Abstract.

The wavelet analysis of the annual dynamics from 1959 to 2016 of six factors of the global carbon budget is carried out by the method of identification and two-term trends and sets of wavelets with variable amplitude and period of oscillations are obtained. The features of changing the parameters of wavelets are shown. Positive and negative wavelets are identified for the growth vector of the global carbon budget. The critical wavelets with amplitude according to the law of exponential growth are shown for the future. In addition to the first term showing the natural process, all other components of the General model characterize, as a rule, natural-anthropogenic or even anthropogenic influence. In this case, the two-term trend is the limit state of two wavelets with a period equal to infinity. More difficult is the study and subsequent change in the effects of ocean and atmospheric emissions. A technological breakthrough in the impact of fossil fuels and industry is needed. The impact of fossil fuels and industry on the carbon budget vector of human behavior is clear – a technological revolution is needed to form a waste-free industry with waste-free fossil fuel technologies. Otherwise, the impact of the ocean on the global carbon budget will only increase.

Ключевые слова: углерод, бюджет, данные, динамика, вейвлет анализ, закономерности.
Keywords: carbon, budget, data, dynamics, wavelet analysis, patterns.

1. Введение

Для моделирования ежегодной глобальной динамики углерода по данным [1] (в части Historical CO_2 budget в файле Global Carbon Budget) мы применили волновые уравнения с переменными амплитудой и периодом колебаний.

В мире появилось много данных по годам.

Известно [2], например, что европейские леса интенсивно используются для производства изделий из древесины, но они также образуют поглотитель углерода. Отрадно, что условия окружающей среды в сочетании с типом лесоводства, который был разработан за последние 50 лет, могут эффективно поглощать углерод в течение десятилетий, сохраняя при этом леса, которые удовлетворяют спрос на древесину. В этой и других статьях применяются линейные или приводимые к линейным формам уравнения.

Целью парижского соглашения является «удержание повышения глобальной температуры намного ниже 2 °C выше доиндустриального уровня и продолжение усилий по ограничению повышения температуры до 1,5 °C. Стороны также обязались достичь этой цели путем сокращения чистых выбросов «для достижения баланса между антропогенными источниками и абсорбцией поглотителями парниковых газов во второй половине этого столетия», и, следовательно, косвенно добиться не геотехническими мерами планетарного альбедо. Встает вопрос, при каких условиях эта цель является геофизической? [3].

Мы считаем, что одним из условий является выявление устойчивых закономерностей [8-14] по накопленным статистическим данным. А эти закономерности позволят лучше осознавать прошлое и спрогнозировать те или иные возможные варианты поведения людей, принимающих решения. При этом наш метод идентификации общего уравнения вейвлета (уединенной волны) по измеренным статистическим данным позволит дополнить и уточнить сценарии смягчения климата до 2100 года, изложенные в статье [3]. Другим условием станет идентификация самих сценариев по их количественным данным динамики на возможность их достоверности. При этом достоверными будут только те сценарии, для которых будут получены волновые уравнения высокой адекватности.

По данным из статьи [4] известно, если CO_2 продолжит расти дальше в двадцать третьем веке, то связанное с этим значительное увеличение радиационного воздействия и того, как будет реагировать земная система, вероятно, не будет иметь геологического прецедента в последние полмиллиарда лет. Здесь изменение климата исследовано за 420 тысяч лет. Тогда все выявленные по прошлым статистическим данным можно будет сгруппировать и давать, на основе их анализа, правдоподобные сценарии будущего поведения людей на нашей планете. Однако и в этой статье [4], хотя динамика показывает явно волновые изменения, даются только тренды в виде линейных уравнений.

Для нашего метода идентификации важны первичные факторы, а не их производные (расчетные). Поэтому предложенные в статье [5] индексы могут использоваться только при оценке адекватности выявленных волновых закономерностей, но никак не применяться до их выявления.

В статье [6] на основе анализа роста восьми пород деревьев было выявлено, что из-за глобального потепления в Западной Европе происходит замедление приращения лесов. Но мы заметили, что применены квадратные уравнения, параметры которых не имеют физического смысла. В наших статьях по дендрохронологии [12, 13] и других примерах, например, в изучении множества генов [14], получены одни и те же волновые закономерности с переменными амплитудой и периодом колебания. При этом характерна не одна волна, а жгутвейвлетов.

Бюджет углерода во многом зависит от сценариев изменения парниковых газов, которые в статье [7] рассмотрены вплоть до 2300 года. В дальнейшем можно провести факторный анализ всех количественных сценариев, чтобы дать характеристику связям между отдельными факторами.

Здесь также применяется метод идентификации обобщенного вейвлета.

2. Исходные данные

Глобальный углеродный бюджет на 2017 год – это совместная работа мирового научного сообщества по углеродному циклу, координируемая Глобальным углеродным проектом [1] (табл. 1).

Таблица 1.

Данные по глобальному бюджету углерода [1]

Год	Время, лет	fossil fuel and industry	land-use change emissions	atmospheric growth	ocean sink	land sink	budget imbalance
	t	C_{fi}	C_{le}	C_{ag}	C_{os}	C_{ls}	C_{bi}
1959	0	2.45	1.77	2.04	0.77	0.98	0.44
1960	1	2.57	1.64	1.51	0.78	1.81	0.11
1961	2	2.58	1.57	1.65	0.65	1.02	0.83
1962	3	2.69	1.53	1.19	0.75	1.62	0.66
1963	4	2.83	1.47	1.21	0.88	1.03	1.19
…	…	…	…	…	…	…	…
2012	53	9.67	1.38	5.05	2.38	2.08	1.54
2013	54	9.77	1.41	5.17	2.42	3.20	0.39
2014	55	9.85	1.38	4.24	2.51	3.66	0.82
2015	56	9.83	1.52	6.23	2.57	1.50	1.05
2016	57	9.88	1.27	6.04	2.61	2.73	-0.23

Условные обозначения параметров из таблицы 1:

t - время в годах с момента регистрации исходных данных [1], $t = 0$ для 1959 года;

C_{fi} - emissions from fossil fuel combustion and industrial processes (uncertainty of ±5% for a ± 1 sigma confidence level); выбросы от сжигания ископаемого топлива и промышленных процессов (неопределенность ± 5% для уровня достоверности ± 1 сигма);

C_{le} - emissions from land-use change (uncertainty of ±0.7 GtC/yr); выбросы от изменений в землепользовании (погрешность ± 0,7 ГтС / год);

C_{ag} - the atmospheric CO_2 growth rate (variable uncertainty around 0.2 GtC/yr from 1980) is estimated directly from atmospheric CO_2 concentration measurements, NOAA/ESRL; скорость роста CO_2 в атмосфере (переменная неопределенность около 0,2 ГтС / год с 1980 года) оценивается непосредственно из измерений концентрации CO_2 в атмосфере, NO-AA / ESRL;

C_{os} - the ocean sink (uncertainty of ±0.5 GtC/yr) is estimated from the average of several global ocean biogeochemistry models that reproduce the observed mean ocean sink of the 1990s; поглощение океана (неопределенность ± 0,5 ГтС / год) оценивается по среднему значению нескольких глобальных моделей биогеохимии океана, воспроизводящие наблюдаемое среднее поглощение океана 1990-х годов;

C_{ls} - the land sink (uncertainty of ±0.9 GtC/yr on average) was estimated from the average of several dynamic global vegetation models that reproduce the observed mean total land sink of the 1990s; поглотитель земли (неопределенность в среднем ± 0,9 ГтС / год) был оценен по среднему значению нескольких динамических глобальных моделей растительности, которые воспроизводят наблюдаемый средний общий сток земли в 1990-х гг.;

C_{bi} - the budget imbalance is the sum of emissions (fossil fuel and industry + land-use change) minus (atmospheric growth + ocean sink + land sink); it is a measure of our imperfect data and understanding of the contemporary carbon cycle; бюджетный дисбаланс - это сумма выбросов (ископаемое топливо и промышленность + изменения в землепользовании) минус (атмосферный рост + океанский сток + раковина); это мера наших несовершенных данных и понимания современного углеродного цикла.

3. Метод идентификации

3.1. Концепция моделирования по статистическим выборкам. Статистическая выборка – это многофакторное числовое поле в виде ***табличной модели***. Этим определением она отличается от таблиц статистических изысканий. Причем необязательно все клетки таблицы должны быть заполненными.

При этом табличная модель необязательно имеет эвристические пояснения. Как правило, авторы измерений, приводя в своих публикациях таблицы данных, дают неверные содержательные толкования. Этот феномен эвристической формализации связан с тем, что таблица результатов измерений, даже если она составлена авторами правильно, не может быть содержательно осмыслена без проведения факторного анализа с математическим моделированием связей между парами факторов для выявления бинарных связей [8-14].

Тогда первичной становится табличная модель (исходное числовое поле), качество которой оценивается по погрешности проведенных измерений, а вторичным является искомое сложное алгебраическое уравнение (в смысле Декарта), составленное из инвариантов (в смысле кирпичиков Гильберта). Этот процесс есть ***статистическая идентификация***. Сама первообразная в виде неизвестного интегрального уравнения становится не нужным, хотя, может быть, кто-то и сумеет получать интегралы по нашим моделям.

Это – великое созидание, как уравнения Максвелла в электромагнетизме.

3.2. Детерминированная модель. В общем случае не волновая модель (тренд) содержит сумму двух биотехнических законов в виде уравнения

$$y_m = y_{m1} + y_{m2},$$
$$y_{m1} = a_1 x^{a_2} \exp(-a_3 x^{a_4}),$$
$$y_{m2} = a_5 x^{a_6} \exp(-a_7 x^{a_8}), \qquad (1)$$

где y_m – тренд, x – объясняющая переменная, $a_1 \ldots a_8$ – параметры модели (1).

При этом каждый параметр модели (1) имеет физический смысл.

Не волновой характер общая модель (1) получает в двух случаях:

1) когда ***шаг дискретности измерений*** слишком большой по сравнению с периодом колебательного возмущения измеряемого реального процесса (например, импульс электрокардиограммы требует регистрации через 0,001 с);

2) когда ***интервал процесса измерений*** мал по сравнению с полупериодом колебательного возмущения измеряемого показателя (например, среднегодовая температура в точке Земли требует регистрации за 1000 лет и более).

3.3. Асимметричный вейвлет. Мы придерживаемся концепции Декарта о необходимости применении алгебраического уравнения общего вида напрямую как конечного математического решения неизвестных интегральных уравнений. Для обобщения был предложен новый класс волновых функций [8-14].

Условиям существования в реальной действительности наиболее полно удовлетворяет обобщённая ***асимметричная вейвлет-функция*** вида

$$y = \sum_{i=1}^{m} y_i,\ y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}} \exp(-a_{8i} x^{a_{9i}}) - a_{10i}), \qquad (2)$$

где y - показатель (зависимый фактор), i - номер составляющей (2), m - количество членов в модели (2), причем косинус является связующим звеном между геометрией и алгеброй, x - объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \ldots a_{10}$ - параметры, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации математического конструкта (2).

В большинстве случаев для идентификации искомых закономерностей по известным табличным моделям достаточна усеченная конструкция (по формуле частоты колебания) асимметричного вейвлета типа

$$y = \sum_{i=1}^{m} y_i \,,\; y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i}). \qquad (3)$$

Количество m членов в наших примерах достигала до 440 и более.

Как правило, общая стохастическая волновая функция (3), в которой не волновые части (1) становятся частными случаями и показывают детерминированное на интервале времени измерений поведение объекта исследования. Это позволяет идентифицировать составной статистической моделью поведение многих математических, астрономических, биологических и экологических, социально-экономических и иных объектов.

3.4. Динамический ряд как череда сигналов. Физико-математический подход предполагает понимание смысла ***динамического ряда*** как отражения какого-то составного процесса или же множества последовательно и параллельно происходящих природных и/или природно-антропогенных процессов.

Впервые удалось получать модели многих типов рядов динамики [8-14] на концепции аддитивного разложения любого динамического ряда на множество вейвлет-сигналов (несколько сотен).

Сигнал – это материальный носитель информации. А информация нами понимается как ***мера взаимодействия***. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен. Так, например, ряд простых чисел известен несколько тысяч лет, но суть его как множества сигналов до сих пор не была раскрыта. Сигналом может быть любой физический процесс или его часть. Получается, что изменение множества неизвестных сигналов давно известно, например, через ряды гидрометеорологических измерений во многих точках планеты. Однако до сих пор не получены их статистические модели.

Тогда любое уравнение типа (3) можем записать как вейвлет-сигнал вида

$$y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}), \qquad (4)$$

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}),$$

$$p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}},$$

где A_i - амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i - полупериод волны (ось x).

По формуле (4) с двумя ***фундаментальными физическими постоянными*** e (число Непера или число времени) и π (число Архимеда или число пространства) образуется изнутри изучаемого явления и/или процесса ***квантованный вейвлет-сигнал***.

Понятие асимметричного вейвлет-сигнала ***кванта поведения*** (квант структуры объекта мы не рассматриваем) позволяет абстрагироваться от физического смысла самих динамических рядов (в общем случае не только динамических) и рассматривать их аддитивное разложение как универсального уравнения Декарта. Причем каждый квант поведения характеризуется кирпичиками Гильберта, образованными из общего уравнения вейвлет-сигнала (4).

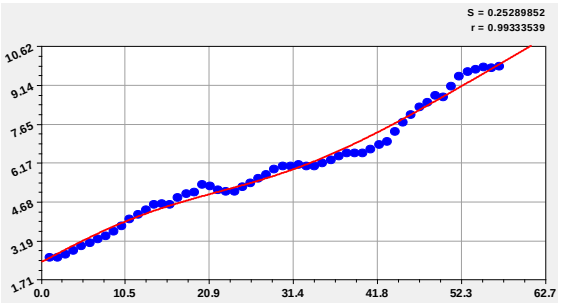
Вначале по двухчленным трендам динамики факторы из таблицы 1 были ранжированы по убыванию коэффициента корреляции от глобального влияния: 1) ископаемого топлива и промышленности 0.9933; 2) океана 0.9820; 3) землепользования 0.8476; 4) выбросов в атмосферу 0.7179; 5) земли 0.4995; 6) бюджетного дисбаланса углерода 0.3779.

4. Динамика ископаемого топлива и промышленности

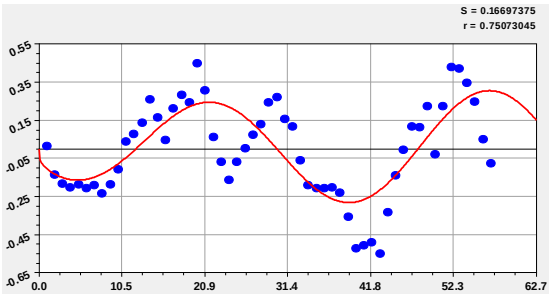
По вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1.40 (URL: http://www.curveexpert.net/) совместно были идентифицированы только первые четыре составляющие (рис. 1).

Всего было получено 28 членов общей модели (табл. 2).

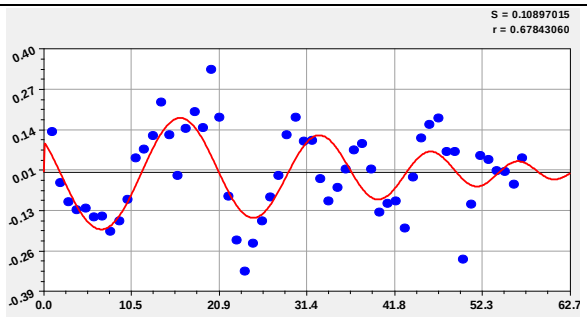
Коэффициент корреляции тренда равен 0.9933, а с дополнением к нему двух вейвлетов адекватность повышается до 0.9988. Первый член тренда по таблице 2 является законом экспоненциальной гибели (модифицированный нами закон Лапласа) и он характеризует естественный процесс. По нему, если бы не было человечества, то произошло бы резкое сокращение углерода от ископаемого топлива и промышленности. Второй член тренда и последующие колебания, как правило, показывают антропогенное влияние на динамику показателя.



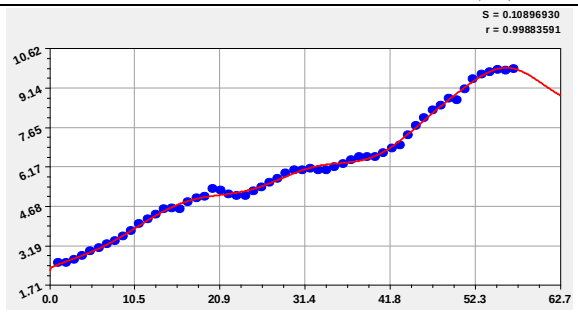
Двухчленный тренд



Вейвлет 01



Вейвлет 02



Тренд и два вейвлета

Рисунок 1. Графики первых четырех членов общей модели (4) динамики

При этом второй член изменяется по закону показательного роста и пока не имеет торможения (то есть не превращается в биотехнический закон). В сценариях смягчения климата нужно, прежде всего, определять меры по торможению, включая в амплитуду и закон экспоненциальной гибели, а затем и полному исключению второй составляющей из динамики этого фактора.

С коэффициентом корреляции 0.9843 динамика указанного фактора показывается уравнением вида

$$C_{fi} = 2.85699 + 0.045175t^{1.24184}. \quad (5)$$

Таким образом, основной тенденцией становится показательный закон антропогенного воздействия с интенсивностью роста 1.24184, что намного больше 1. Из таблицы 2 видно, что из-за действия первого члена естественной убыли, интенсивность показательного роста равна 0.97160, что чуть меньше 1. Это означает, что есть небольшое торможение дальнейшему росту динамики ископаемого топлива и промышленности.

Первый и второй вейвлеты на рисунке 1 имеют в таблице 2 отрицательный знак, поэтому колебания являются кризисными для роста углерода из-за влияния ископаемого топлива и промышленности. Первое колебание происходит с постоянным полупериодом 14.06653 (или с периодом примерно 28 лет). По-видимому, это нарастающее колебание показывает стремление человечества противостоять антропогенному росту ископаемого топлива и промышленности. Таких позитивных (с отрицательным знаком) для человечества вейвлетов в таблице 2 насчитывается 13. На их амплитудно-частотную характеристику нужно будет обратить самое пристальное внимание.

Таблица 2.

Параметры (4) динамики ископаемого топлива и промышленности

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}}\exp(-a_{3i}x^{a_{4i}})\cos(\pi x/(a_{5i}+a_{6i}x^{a_{7i}})-a_{8i})$								Коэфф. коррел. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	2.25433	0	0.00010687	2.67940	0	0	0	0	0.9988
2	0.18542	0.97160	0	0	0	0	0	0	
3	-6.92632e-8	4.12795	0	0	14.06653	0	0	-4.17495	
4	-0.18470	0.014835	0.00014825	2.32197	9.97725	-0.0026634	1.70646	2.17367	
5	-0.0036031	1.17929	0.077517	0.99812	40.20140	-0.44217	0.98845	-1.75828	0.1129
6	-1.92442e-5	3.97100	0.17625	0.94966	4.85915	-0.00020244	1.92239	3.77783	0.7724
7	0.093775	0	0.032399	1	3.28831	0.00017281	1	-0.052515	0.5472
8	-5.80011e-5	1.85877	0.010232	1	2.77437	0	0	0	0.4004
9	0.0026318	1.15291	0.081862	0.78620	1.31974	0.00087643	1.34560	2.25585	0.5064
10	-7.00634e-5	4.12667	0.38053	0.91190	1.37610	0.0089241	1.05092	0.52953	0.4573
11	-0.00034020	1.22344	0.0077809	1	1.18695	0.0073923	1.00072	1.15366	0.3472
12	3.27693e-36	26.76358	0.50586	1.00607	0.86151	0.0029501	1.06182	2.83963	0.5469
13	0.093505	0	0.69015	1	583856.8	0	0	-0.059166	0.4857
14	-0.026447	0.61618	0.10652	1	3.16625	-0.014091	1	0.89577	0.5783
15	-1.78236e-8	3.44199	0	0	3.72487	0.0019215	0.99767	-0.12423	0.2490
16	-2.46726e-13	10.54530	0.084269	1.42975	1.01676	0.0020019	1.20407	4.35458	0.4901
17	-9.99901e-9	5.89986	0.15567	1.05376	3.21723	-0.0074124	0.90405	-1.59090	0.4683
18	-1.71515e-6	2.60339	0.032267	0.99447	2.86029	-0.0073571	1.00219	-1.28086	0.2633
19	3.48542e-13	6.49858	0	0	1.41081	-0.0037022	0.99836	6.04676	0.8207
20	0.0035078	0.84128	0.072977	0.97519	6.65771	-0.0074603	1.07608	0.57599	0.6915
21	-0.0042226	2.10386	0.46047	1	0.97163	-0.00036044	1	0.25947	0.6041
22	0.00053127	1.70136	0.19984	0.91007	3.13936	0.036471	0.86097	-1.14509	0.4103
23	3.83737e-6	2.38882	0.052366	0.98911	2.22967	-0.0056133	1.00508	-3.37025	0.4045
24	5.19637e-7	2.97766	0.041091	1.09931	1.39640	0.00087430	1.03045	-1.12853	0.3506
25	3.17426e-7	2.35747	0	0	9.47318	0.00072897	1	1.35702	0.2903
26	4.10836e-5	1.11186	0.010058	0.98118	7.85378	0.13104	1.01314	0.43603	0.2479
27	0.00013311	1.37563	0.073487	0.97731	1.71331	-0.0012402	0.99543	-1.37723	0.3709
28	-1.02099e-6	3.30992	0.083316	1.07366	1.02642	0.00036540	1.07480	-1.30066	0.5060

После 28-го члена процесс идентификации происходит с очень малыми значениями коэффициента корреляции. Постепенно образуется из остатков так называемый «шум», зависящий от погрешности измерений.

Складывается интересная ситуация: по последнему графику на рисунке 1: человечество пытается противостоять тренду роста двумя кризисными (для влияния топлива и промышленности) вейвлетами. В итоге видно, что общий график от четырех членов с 2017 года может уменьшаться и поэтому ориентировочный прогноз заключается в снижении углерода при дальнейшем возрастании добычи ископаемого топлива и развития промышленности.

Тогда единственной альтернативой прогресса становится переход на безотходное сжигание ископаемого топлива и развитие технологий безотходной промышленности.

5. Динамика изменений от океана

Если предыдущие изменения были полностью антропогенными (только человек этим занимается), то влияние океана пока больше относятся к природным процессам (рис. 2, табл. 3). Хотя и здесь влияние человека велико.

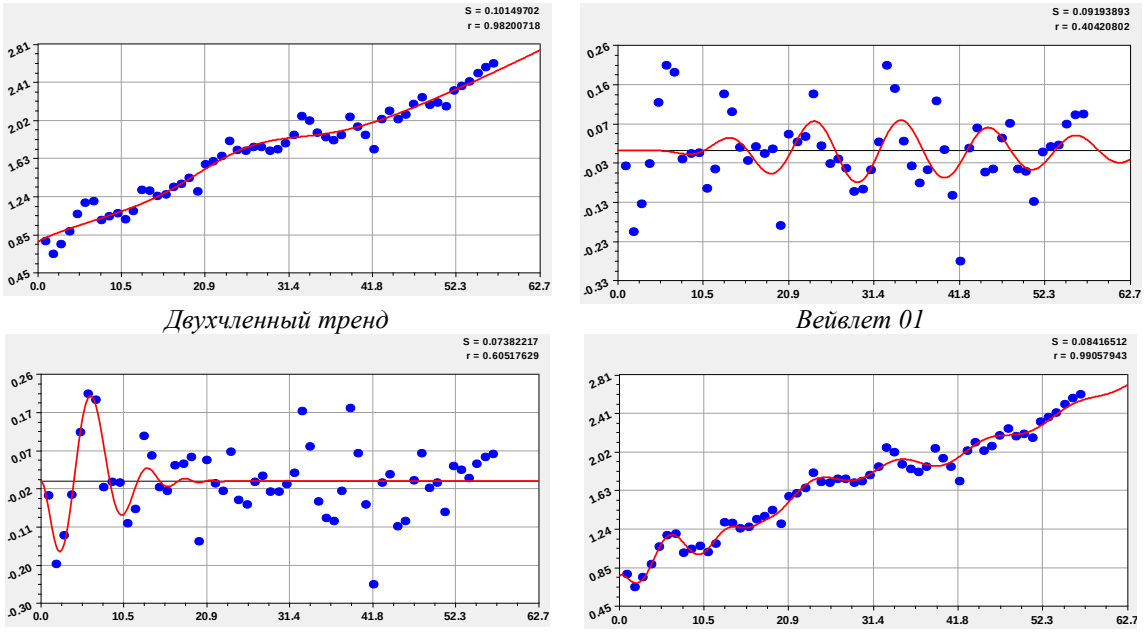


Рисунок 2. Графики первых четырех членов общей модели (4) динамики изменений от влияния океана

К сожалению для людей, глобальный бюджет углерода от влияния океана только нарастает по закону экспоненциального роста (первый естественный член тренда).

В 1959 и 2016 годах по данным таблицы 1 значения параметров были равны: C_{fi} = 2.45 и 9.88; C_{os} = 0.77 и 2.61. Тогда получаем, что рост значений двух факторов за 57 лет произошел, соответственно, в 4.03 и 3.38 раз. При этом доля влияния океана от ископаемого топлива и промышленности равна 31.43 и 26.42%. Таким образом, темпы и доля роста углерода от океана меньше по сравнению с углеродом от ископаемого топлива и промышленности.

Только одна естественная составляющая влияния от океана равна

$$C_{os} = 0.62851\exp(0.20677t^{0.46783}). \quad (6)$$

Если бы не существовали остальные 24 члена общей модели по таблице 3, то коэффициент корреляции (6) равен 0.9748. Четыре первых члена дают адекватность в 0.9906. Таким образом, введение вейвлетов дает снижение активности экспоненциального роста в 0.20677 / 0.066088 ≈ 3.13 раза, при этом увеличивает интенсивность экспоненциального роста в 0.71576 / 0.46783 ≈ 1.53 раза. Учет колебательных возмущений дает возможность изучать любые процессы в волновой динамике. При этом нами принимается концепция колебательной адаптации всей Вселенной, а значит, и волновой динамики природно-антропогенных процессов на Земле.

Из графиков на рисунке 2 видно, что второй вейвлет давно стал историей и завершился к 1979 году. А первое колебание еще продолжает действовать, по-видимому, завершаясь к 2040 году. Так можно проанализировать все вейвлеты, оставляя для прогноза только те, которые во времени продолжаются на будущее.

Таблица 3.

Параметры (4) от влияния океана

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}}\exp(-a_{3i}x^{a_{4i}})\cos(\pi x/(a_{5i}+a_{6i}x^{a_{7i}})-a_{8i})$								Коэфф коррел. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	0.76082	0	-0.066088	0.71576	0	0	0	0	0.9906
2	2.00388e-10	7.38363	0.0022662	2.22237	0	0	0	0	
3	0.0076107	9.53520	10.19844	0.31831	5.42792	0	0	1.18460	
4	-0.11108	1.83180	0.43215	1	6.46964	-0.16429	0.99597	0.67821	
5	-1.10592e-52	45.38536	1.25005	1	0.81319	0.021154	0.99718	3.10739	0.5732
6	2.68548e-71	48.46780	0.0061603	2.17381	2.09734	0	0	2.58270	0.5532
7	0.00040311	1.24892	0	0	7.45714	0.00032774	2.18113	0.058487	0.4842
8	0.00068254	4.67150	1.17632	0.71101	1.46940	0.0010955	1.89552	-2.31226	0.5844
9	-1.17028e-18	19.84241	1.07794	0.98387	0.31766	0.016081	0.99149	5.05319	0.6561
10	3.81621e-14	10.00485	0.23931	1.00584	0.87868	0.0047537	1.01549	5.60366	0.4179
11	8.91417e-5	1.83206	0.041434	0.99909	1.29911	0.0036793	1.00214	4.47699	0.3504
12	3.00038	17.52232	0.38837	1.00974	0.88082	0.0022955	1.01252	6.01246	0.6794
13	3.20303e-5	10.29474	2.02055	0.99959	0.99364	0.0011684	1.04759	2.62088	0.3031
14	1.44222	1.92372	2.44360	1	2.33552	-0.10476	1	0.14319	0.4757
15	4.36396e-5	2.91521	1.47864	1.00364	13.69047	0.20334	1.01592	2.47339	0.4217
16	6.61055e-5	1.90130	0.053038	0.98548	4.09032	-9.36715e-5	1.31096	-0.026181	0.4606
17	-0.0016536	0.29693	0.013180	0.8449	5.75245	0.0032907	1.02479	-2.14289	0.2251
18	0.00063357	2.60066	0.27101	0.99292	2.90141	-0.0024042	1.25204	-1.28344	0.5237
19	-0.00017599	1.80372	0.079927	0.98655	1.49248	0.0054707	1.00281	2.34642	0.5101
20	-2.24908e-6	2.38218	0.045251	0.99088	7.33499	0.036751	1.02680	-0.42741	0.1869
21	-5.91777e-5	1.77740	0.054324	0.98713	1.43288	-0.0022030	0.99768	-1.69497	0.4037
22	4.67234e-5	2.34317	0.12393	0.97416	1.13075	3.07144e-5	1	-0.66281	0.3581
23	0.00087521	0.58483	0.14945	0.47899	1.91291	0.00054628	1.48821	3.82078	0.3067
24	2.14725e-9	5.35795	0.088723	1.05721	3.23136	-0.0014091	1.07499	4.56662	0.8327
25	-3.31010e-6	2.26689	0.032124	1.02100	1.45966	-0.00060453	1.01177	1.22794	0.5826

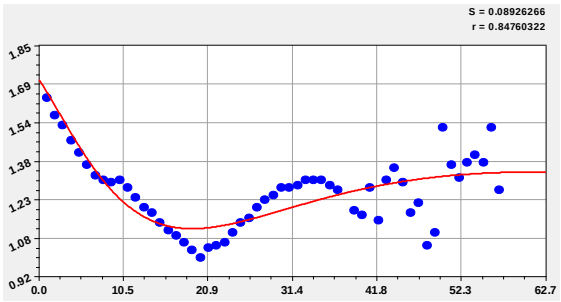
Четвертый член (второй вейвлет) получил отрицательный знак и таких в таблице 3 насчитывается 8 из 25. Наиболее опасным для влияния океана становится седьмой член, имеющий амплитуду по показательному закону.

6. Динамика изменений от землепользования

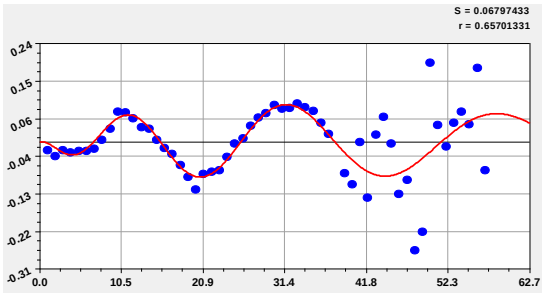
Наиболее сильные изменения в землепользовании оказывают пашни. Однако здесь, по-видимому, в данных [1] учтено среднее влияние от любого вида землепользования.

Из графиков на рисунке 3 видно, что первые 20 лет с 1959 по 1979 годы динамика глобального бюджета углерода от влияния землепользования снижалась. При этом до 1999 года наблюдается плавное изменение фактора. А затем происходит переход в сильное колебательное возмущение с ростом влияния землепользования. Этот фактор перешел в тремор.

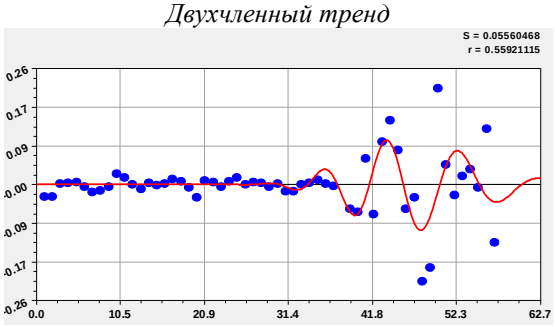
В таблице 4 даны параметры модели (4) для 18 членов общей модели.



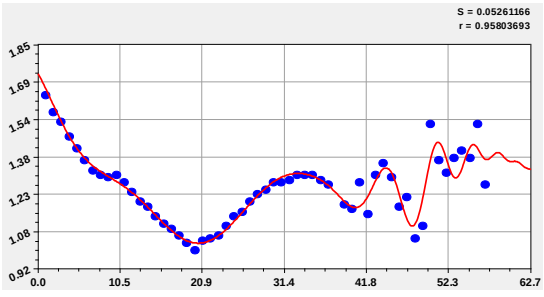
Двухчленный тренд



Вейвлет 01



Вейвлет 02



Тренд и два вейвлета

Рисунок 3. Графики первых четырех членов общей модели (4)динамики изменений от землепользования

Таблица 4.

Параметры (4) от влияния землепользования

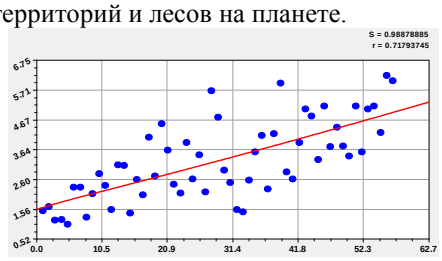
Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}}\exp(-a_{3i}x^{a_{4i}})\cos(\pi x/(a_{5i}+a_{6i}x^{a_{7i}})-a_{8i})$								Коэфф. коррел. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	1.72595	0	0.051260	1.27861	0	0	0	0	0.9580
2	0.16944	2.03874	1.62568	0.33074	0	0	0	0	
3	-0.011668	0.82623	0.014487	1.13669	6.23753	0.54279	0.51897	1.07416	
4	-2.92856e-115	91.93776	1.95926	1	20.85435	-0.15460	1.12752	-1.67725	
5	-5.65128e-42	31.09611	0.50365	1.03519	2.23211	-0.0059005	1.06785	-5.81057	0.8165
6	4.79475e-21	14.87566	0.28968	1.00050	1.07506	0.00023991	0.99550	-0.80572	0.6700
7	3.46775e-19	9.86965	0	0	3.39265	0.0093780	0.99962	-0.56903	0.5700
8	0.00023010	1.71942	0.060859	1.02359	5.15755	0.030161	1.02767	0.40020	0.3680
9	0.034415	0	0.094052	1	0.82136	0.90463	0.29410	-0.29356	0.5548
10	-0.010362	0	0.089973	1	2.93071	0.70271	0.75309	2.42184	0.1855
11	-0.0042260	1.95478	0.39455	1.03250	2.09656	0	0	0	0.2278
12	5.38940e-9	5.53281	1.09482	1.09935	2.77203	0.0048203	1.00253	-0.63009	0.3011
13	4.87238e-5	1.39202	0.032874	0.91397	3.95031	0.0021007	1.09430	0.96446	0.1476
14	1.39339e-9	4.19642	0	0	2.04369	-0.00010264	1.37833	2.52105	0.6736
15	-6.01794e-6	3.52824	0.15778	1.01268	1.77006	0.00089307	0.98873	2.91841	0.4570
16	9.11100e-9	5.57523	0.13686	1.06835	1.45236	-0.00099375	0.99038	3.39986	0.5269
17	4.72176e-7	3.59936	0.091014	1.00542	1.19156	0.00014103	1.02159	5.67144	0.5471
18	-0.00014227	1.04547	0	0	2.03917	0.0046611	1.02743	3.18139	0.7500

В связи с этим тренд содержит сумму законов естественной экспоненциальной гибели и стрессового антропогенного возбуждения (так называемый биотехнический закон проф. П.М. Мазуркина [8-14]). Тогда, как и в ископаемом топливе и промышленности глобальным бюджетом углерода по этому фактору вполне можно управлять. При этом из вейвлетов на рисунке 3 видно, что оба они в будущем будут исключены. Поэтому в дальнейшем следует принять меры по исключению и второго члена, то есть в глобальном плане успокоить поведение человечества мерами по смягчению влияния климата. Нужно будет управлять потребностями в землепользовании, увеличивая площади особо охраняемых территорий и лесов на планете.

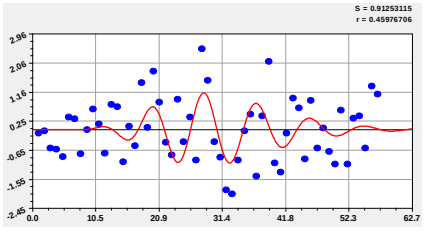
Кризисными для влияния землепользования (в направлении снижения углерода) становятся шесть вейвлетов. Но опасными становятся по изменению амплитуды по показательному закону вейвлеты №№ 7, 14 и 18. Остальные вейвлеты имеют границы изменения, поэтому они относятся к так называемым конечномерным вейвлетам (действительно уединенным волнам, то есть они являются солитонами). Уединенными волнами можно управлять.

7. Динамика выбросов в атмосферу

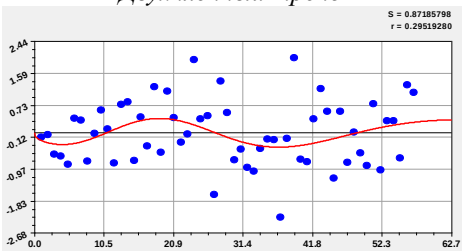
Этот параметр глобального бюджета углерода является противоречивым (рис. 4, табл. 5) уже в самих закономерностях тренда.



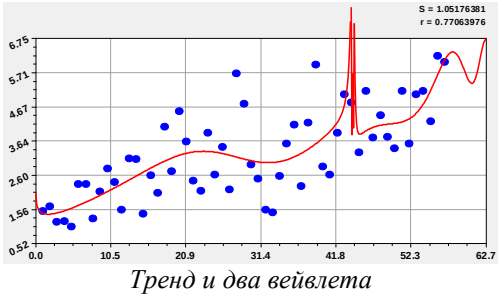
Двухчленный тренд



Вейвлет 01



вейвлет 02



Тренд и два вейвлета

Рисунок 4. Графики первых четырех членов модели (4) динамики выбросов в атмосферу

Первый, и поэтому естественный, член тренда при условии $a_{4i} = 1$ является законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Перла или Ципфа (в биологии) и Парето (в эконометрике). Однако тренд почти полностью определяется вторым членом в виде показательного закона.

Тогда получается, что динамика бюджета углерода от загрязнения атмосферы как бы перевернута: значимее становится второй член антропогенного влияния, а процесс естественного снижения за счет самоочищения отходит на второй план.

Таблица 5.

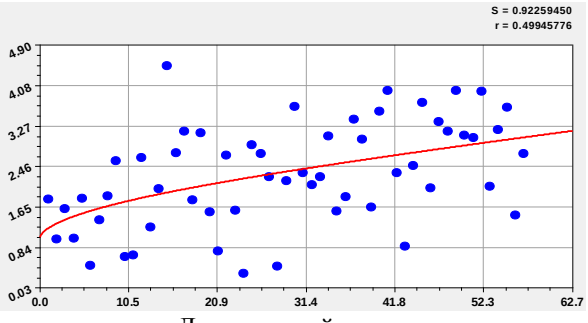
Параметры (4) от выбросов в атмосферу

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}}\exp(-a_{3i}x^{a_{4i}})\cos(\pi x/(a_{5i}+a_{6i}x^{a_{7i}})-a_{8i})$								Коэфф. коррел. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	2.04692	0	0.014479	1	0	0	0	0	0.7706
2	0.22224	0.77144	0	0	0	0	0	0	
3	-1.49464e-20	17.88584	0.45834	1.01494	5236.9070	-4.30056	1.87597	-0.55759	
4	-1.59054	0.53846	0.68590	0.37459	48.83659	-0.0013542	2.46578	0.20733	
5	1.09899e-6	4.74408	0.0012387	2.20105	1.45779	1.59255	0.14318	3.18131	0.5245
6	1.01796e-8	7.23601	0.24698	0.95998	3.32513	-0.0013343	1.62830	-0.48057	0.5027
7	0.14546	0.62090	0.00033424	2.19001	1.88124	-0.00018970	1.56782	3.99852	0.5923
8	7.80132e-7	8.83376	26.99212	0.17374	1.29640	-0.00053516	0.99796	0.66307	0.6759
9	0.095737	0.34830	0.00034025	2.07639	2.28871	-0.00056212	1.52164	2.23024	0.3344
10	-1.67571e-5	12.44745	3.97508	0.60847	1.00472	0	0	1.38866	0.7071
11	-0.22105	2.43038	0.69278	1	1.36372	0	0	0.28984	0.3006
12	0.061422	0.72781	0.060399	1	7.63673	0.0043719	1	-2.43210	0.3541
13	-0.0061573	1.10667	0.00011132	2.08303	1.74158	-0.00053282	1.38238	-4.65805	0.7042
14	1.43063e-12	8.92314	0.23587	0.93677	2.15865	0.011468	0.97967	3.83174	0.5326
15	-0.065917	0.97002	0.12064	1	2.85803	0.011306	1	0.47086	0.4997
16	0.0080950	0.76075	0.028896	0.63788	1.61367	-0.0010191	1.27359	-4.92445	0.4851
17	-1.95369e-15	11.74121	0.21809	1.06337	1.20577	-0.00042532	1.17229	1.68700	0.8242
18	1.06767e-62	45.71842	0.36937	1.18517	4.54158	-0.035000	0.95449	-1.61103	0.7490
19	0.010579	1.64253	1.13859	0.42311	1.29245	-0.0011150	0.52095	0.64805	0.3619
20	2.75426e-5	3.74643	0.19681	1.00570	2.39282	0.0014513	0.82704	-0.0090494	0.4044
21	0.00030920	1.34378	0.013197	0.99112	5.44938	0.0031671	1.00259	-1.77811	0.4420
22	0.0054660	1.00213	0.28545	0.61771	7.26486	2.72128	0.18659	0	0.3427
23	1.52509	10.86745	5.00608	1.00080	1.47481	-0.032045	1.04574	2.99176	0.2536
24	-1.98244e-16	12.22415	0.26857	1.02636	1.16933	-0.0016483	1.31064	-4.61823	0.8357

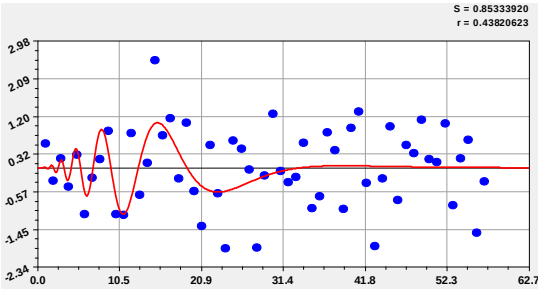
Противодействие росту влияния загрязнений атмосферы оказывают два вейвлета на рисунке 4 из-за отрицательного знака. Таких позитивно направленных для очищения атмосферы в таблице 5 находится восемь вейвлетов из 24.

8. Динамика изменений от влияния земли

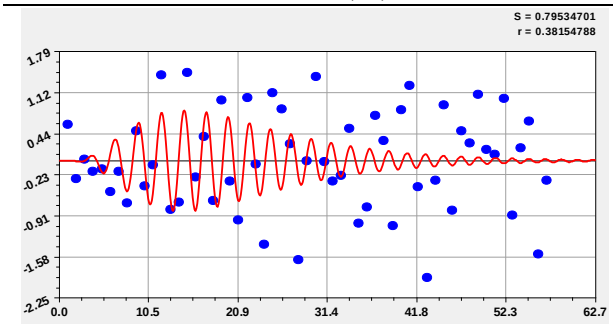
Аналогичный характер имеет динамика бюджета углерода от влияния земной поверхности (рис. 5, табл. 6).



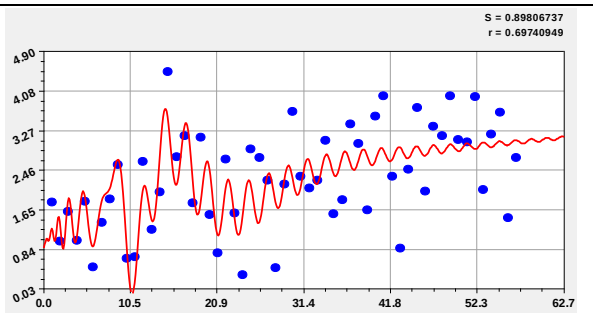
Двухчленный тренд



вейвлет 01



Вейвлет 02



Тренд и два вейвлета

Рисунок 5. Графики первых четырех членов общей модели (4)динамики изменений от влияния земли

Таблица 6.

Параметры (4) от влияния земли

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}}\exp(-a_{3i}x^{a_{4i}})\cos(\pi x/(a_{5i}+a_{6i}x^{a_{7i}})-a_{8i})$								Коэфф. коррел. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	0.86842	0	0.0051100	1	0	0	0	0	0.6974
2	0.28984	0.51966	0	0	0	0	0	0	
3	-0.16039	1.43325	0.13631	1	0.24299	0.057166	1.01975	0.41959	
4	-0.20215	4.89292	3.60914	0.43930	1.48603	-0.0093654	0.86951	-1.53247	
5	1.46897e-7	5.64910	0.15846	0.99508	4.11252	-0.00023537	1.77722	0.074668	0.2138
6	0.0011054	3.90160	1.10928	0.55409	2.42750	0	0	1.87879	0.3149
7	4.68629e-6	3.29921	0.0062373	1.37866	4.80610	0.00022984	1.85291	5.36062	0.2998
8	0.35313	0	0.025738	1	7.43747	-0.028069	1.73952	-0.73252	0.2201
9	-4.31544e-11	17.73903	1.64945	1	8.38313	0.67748	1	-5.68372	0.1367
10	8.16050e-5	3.89356	0.12611	1.00339	1.87969	-0.00011897	1.45547	0.12078	0.7633
11	-1.36228e-39	29.98333	0.66680	0.95641	0.83145	0.0018456	1.15810	1.24452	0.6573
12	-4.00664e-8	7.64970	0.34935	0.98914	1.49222	0.00015328	1.59749	-1.43061	0.5170
13	-0.41214	0	0.085285	1	1.92415	-0.0017533	1	-1.64577	0.3490
14	-1.64908e-7	10.19502	2.36731	0.63613	0.75612	0.0058607	1.01367	2.47383	0.6296
15	0.00061155	4.97707	2.37299	0.46030	3.96599	-0.25142	0.32797	-1.06299	0.4354
16	4.74753e-26	18.95336	0.11656	1.28052	6.55081	0.0090522	1.34222	5.99633	0.5183
17	2.74754e-12	9.51106	0.22379	1.02376	2.10964	-3.32256e-5	1.42846	-1.20080	0.8009
18	0.30156	6.25602	2.39540	0.99057	1.29178	-0.10593	1.00151	-3.54580	0.4338
19	0.0011207	3.74887	0.76918	0.71228	1.52125	-0.0096944	0.91917	0.75870	0.6986
20	-4.19233e-15	12.66349	0.41651	1	1.81247	-0.0086019	1.00568	1.28758	0.5141
21	-0.18184	0	3.87970	1	5.78662	0	0	0.033937	0.4948
22	-1.56087e-5	3.28245	0.030580	1.35765	5.63218	-0.0034341	1.57291	0.89515	0.5282
23	0.0065602	1.32298	0.39226	0.66293	1.80327	0.00056454	1.81454	2.3307	0.2020
24	1.64506e-13	12.87663	0.61022	1	33.83152	-0.63904	1	-2.39852	0.3680
25	8.66986e-5	1.40311	0	0	3.35300	0.012435	1.11854	1.98278	0.2877
26	-8.62589e-29	20,69098	0.17809	1.20173	1.84466	-0.0021711	1.10252	-1.82955	0.5575
27	-0.0043235	2.44530	0.35759	0.97218	1.17479	-0.0063734	0.98790	3.60613	0.6498
28	-1.57528e-8	3.68417	0	0	1.19413	1.46832e-5	1	-2.45207	0.6629
29	4.24370e-6	2.48093	0.052222	0.97188	6.08339	0.049522	1.00309	0	0.1562
30	-0.00012219	4.35058	0.42920	1.11233	11.37377	0	0	0	0.1594
31	-4.10879e-12	6.86493	0.092372	1.00265	6.63469	-0.040484	1.00032	0.50071	0.5750
32	0.0044825	0.49696	0.039488	1.00115	2.44054	-0.0030587	0.98528	-0.76666	0.4883
33	1.66600e-6	2.83429	0.061394	1.04096	2.59477	0.0012306	0.98549	-2.52940	0.2105
34	4.18713e-5	2.73551	0.13767	1.00226	1.83579	-0.00027024	1.02163	1.64423	0.4451
35	1.22517e-5	1.67714	0.037615	0.96774	1.61279	8.42384e-5	1.04938	-0.33534	0.3546
36	0.00027713	1.36996	0.082311	1.03901	4.39014	-0.018407	1.05568	-1.12661	0.3349
37	-4.91214e-8	5.01935	0.16680	1.00460	1.30896	-0.0022372	0.99928	-2.04189	0.4364
38	4.39238e-8	4.17924	0.066993	1.06050	1.42610	-0.0011322	1.03339	-2.38930	0.6366
39	2.44137e-5	1.49764	0	0	139.07778	-1.21519	1.00421	0.80786	0.4030
40	-4.17105e-8	4.14370	0.048774	1.13125	1.43195	-0.0012701	1.01646	0.55195	0.8718

Однако, в отличие от влияния выбросов в атмосферу, здесь оба вейвлета уже остались как исторический факт. На это сказались усилия экологов за последние 50 лет. При этом общая модель получила 40 членов, из которых по данным таблицы 6 отрицательный знак имеют 17 членов. Тогда получается, что земля (суша нашей планеты) имеет лучшие способности к самоочищению.

В простом случае тренд получает формулу с коэффициентом корреляции 0.4994 вида

$$C_{ls} = 1.070809 + 0.16830t^{0.60771}. \quad (7)$$

Второй член в таблице 6 дает активность показательного роста на 0.28984 / 0.16830 ≈ 1.72 раза, а интенсивность роста на 0.51966 / 0.60771 ≈ 0.86 раза меньше. При этом коэффициент двухчленного тренда оказался равным 0.4995. Таким образом, даже при разнице в адекватности 0.000058 параметры грубой (7) и более точной (таблица 6) трендов сильно различаются.

Все вейвлеты мы получали при коэффициенте корреляции не менее 0.1. Некоторые вейвлеты имели адекватность даже больше по сравнению с первыми четырьмя членами: №10 – 0.7633; №17 – 0.8809; №19 – 0.6986; №40 – 0.8718.

Таким образом, каждая волна показывает степень её включенности в общую модель относительно предыдущих остатков (абсолютной погрешности моделирования). Это указывает на добротность исходных данных в таблице 1.

9. Динамика бюджетного дисбаланса

Фактор бюджетного дисбаланса относится больше к статистическим показателям верификации суммы балансов по предыдущим пяти параметрам глобального бюджета углерода.

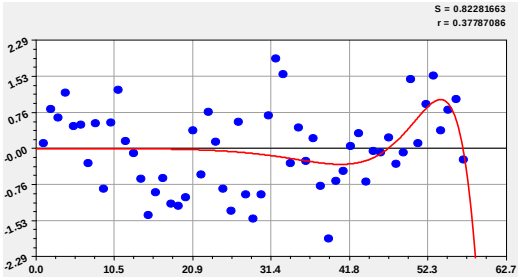
Двухчленный тренд по рисунку 6 и таблице 7 показывает, что дисбаланс резко возрастает с начала 21 века. При этом два первых вейвлета уже остались в истории.

По двухчленному тренду отрицательный знак перед первым членом показывает кризис в дисбалансе бюджета, и он нарастает по закону экспоненциального роста. Второй член по показательному закону показывает, что с 2005 года происходит резкое изменение показателя. Однако с 2016 года пот тренду намечается снова переход к отрицательным значениям дисбаланса бюджета углерода.

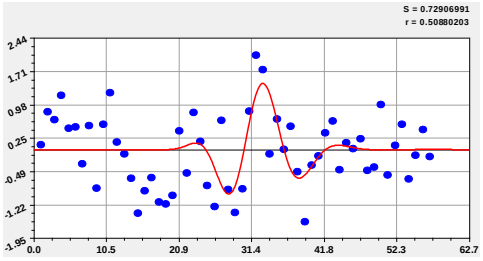
Адекватность всех выявляемых вейвлетов позволяет рассчитать ***коэффициент динамичности*** (табл. 8) k влияния фактора на глобальный бюджет углерода по формуле

$$k = 1 - r_{1+2}, \quad (8)$$

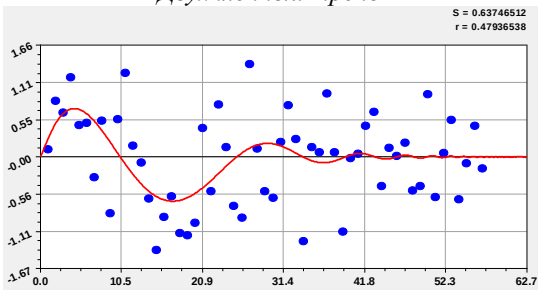
где r_{1+2} – коэффициент корреляции двухчленного тренда.



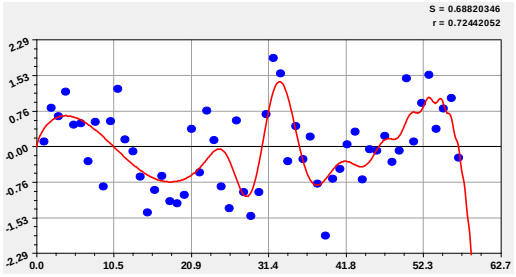
Двухчленный тренд



Вейвлет 01



Вейвлет 02



Тренд и два вейвлета

Рисунок 6. Графики первых четырех членов общей модели (4) динамики бюджетного дисбаланса

Таблица 7

. Параметры (4) от дисбаланса бюджета

Номер	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}}\exp(-a_{3i}x^{a_{4i}})\cos(\pi x/(a_{5i}+a_{6i}x^{a_{7i}})-a_{8i})$								Коэфф. коррел. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	-0.0015902	0	-0.14320	1.05625	0	0	0	0	0.7244
2	3.22063e-16	9.76308	0	0	0	0	0	0	
3	-1.18117e-66	60.24352	1.26924	1.09468	3.64108	0.0056812	1.42112	1.53564	
4	0.44528	0.70021	0.084561	1.00013	27.98703	-0.42879	0.99993	-0.17815	
5	0.49901	0	0.029205	1	4.49364	0.023136	0.87346	1.61661	0.3211
6	0.46678	0	0.0016874	1	3.03956	-0.0012680	1.55342	-0.86676	0.5630
7	0.22655	0	-0.0022596	1	2.39924	-0.18770	0.19433	-1.49551	0.3717
8	7.98773e-37	74.74894	32.85283	0.48784	1.56163	0	0	-2.29739	0.3672
9	-250.00345	3.60717	7.13441	0.30285	0.75671	0.019511	1.10512	4.05783	0.5176
10	-1.80153e-19	29.03493	12.77379	0.43998	1.25876	0	0	-3.77632	0.5499
11	-3.16627e-49	43.03292	1.35845	0.96475	0.70534	0.014665	1.05998	-0.87043	0.6134
12	1.13239e-28	21.45189	0.36864	1.02962	1.19590	0.0030308	1.02861	1.26702	0.5212
13	0.052840	2.32338	1.22180	0.52213	5.37746	0.0064417	1.52987	-0.44638	0.4310
14	-8.36470e-11	22.79154	8.43465	0.53841	1.00300	-0.0012752	0.11432	4.65227	0.8503
15	0.012259	1.79389	0.28896	0.80960	1.89408	0.044869	0.94367	4.66891	0.5275
16	4.93497e-51	38.31702	0.49408	1.09735	0.52767	0.0046733	1.20423	0.71265	0.5340
17	-4.31636e-10	11.68675	0.85913	0.97128	0.26901	0.020140	1.02781	3.14845	0.1370
18	-8.81881e-23	15.33330	0.23199	0.99999	1.00493	0.00087906	1.00041	1.44660	0.6704
19	0.15772	0	0.86227	1	2.99587	-0.16311	1	-0.42139	0.4740

Из графиков на всех рисунках получаем для трендов коэффициент, учитывающий уровень динамичности процессов: 1) по динамике с 1959 по 2016 годы влияния ископаемого топлива и промышленности 1 – 0.9933 = 0.0067; 2) по динамике влияния океана 0.0180; 3) от изменения землепользования 0.1524; 4) по динамике выбросов в атмосферу 0.2821; 5) по динамике влияния земли суши планеты 0.5005; 6) по динамике глобального бюджетного дисбаланса 0.6221. Тогда получается, что наиболее изменчивы были сами процессы исследования.

Чем больше коэффициент динамичности, тем хаотичнее происходящие процессы. Наибольшей динамичностью обладает дисбаланс бюджета углерода, но по принципам колебательной адаптации наихудшим с позиций управления является динамика влияния ископаемого топлива и промышленности.

У людей постепенно усиливается понимание того, что тенденция роста неуклонно нарастает и нет решений по обузданию этого тренда. Поэтому единственной альтернативой становится безотходная технологическая революция. Это позволит изменить структуру формул всех составляющих общей модели (4) к снижению влияния всех факторов.

10. Заключение

На примере глобальной динамики углерода с 1959 по 2016 годы доказана применимость вейвлет анализа методом идентификации общего уравнения колебания с переменными амплитудой и периодом колебаний. При этом количество выявляемых уравнений колебаний зависит от добротности исходных данных и погрешности измерений. Во всех уравнениях первые четыре члена получились по вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1.40, из которых первые два члена относятся к тренду.

Тренд нами понимается как сумма волновых составляющих, которые имеют период колебания, приближающийся к бесконечности. Поэтому параметры тренда записываются в общей таблице по номерам колебаний для одного фактора, и они также относятся к классу вейвлетов.

Существуют два вида вейвлетов:

а) бесконечномерные колебания, у которых амплитуда изменяется на всей оси абсцисс, и она идентифицируется экспоненциальным законом роста или гибели, не имеющим границ;

б) конечномерные вейвлеты (действительно уединенные волны или солитоны), амплитуда которых изменяется по биотехническому закону [10, 11] в конкретном интервале изменения значений абсциссы.

Как правило, в геоэкологических закономерностях бесконечномерные вейвлеты показывают влияние космических объектов, включая и Землю, а конечномерные вейвлеты чаще всего отображают неосознанное или частично осознанное поведение человечества. Поэтому просто следует привыкнуть к пониманию колебательной адаптации человечества к ограниченным природным ресурсам. Для этого нужно развивать ***вейвлетное мышление***, прежде всего на всех уровнях образования.

По количеству вейвлетов с положительным знаком, то есть колебаний, помогающих росту влияния каждого из шести факторов на глобальный бюджет углерода, в долевом участии от общего количества членов модели (4) по таблицам 2-7 факторы расположились так:

1) по динамике с 1959 по 2016 годы влияние ископаемого топлива и промышленности будет продолжаться по 14 из 28 членов, что составит 50%;

2) по динамике влияния океана 17 вейвлетов из 25, то есть 68%, помогают росту глобального бюджета углерода;

3) исторические изменения в землепользовании сохраняют 10 членов из 18 или 56%;

4) по динамике выбросов в атмосферу рост глобального бюджета углерода пытаются сохранить 16 колебаний из 24 членов, что составляет долю в 67%;

5) по динамике влияния земли суши планеты на глобальный бюджет углерода 23 вейвлета из 40 или 58% сохраняют рост;

6) по динамике глобального бюджетного дисбаланса 11 вейвлетов из 19 или по доле 58% сохраняют рост глобального бюджета углерода.

Таким образом, представляется более трудными в концептуальном отношении изучение и последующее изменение влияния океана (68%) и выбросов в атмосферу (67%). Более понятен в будущем поведении человечества потребность в технологическом прорыв во влиянии ископаемого топлива и промышленности (50%). Остальные три фактора имеют меньшую концептуальную значимость по доле в 56-58%.

По влиянию ископаемого топлива и промышленности на бюджет углерода вектор поведения человечества понятен – нужна технологическая революция для формирования безотходной промышленности с безотходными технологиями использования ископаемого топлива.

Влияние океана на глобальный бюджет углерода будет только нарастать. Поэтому нужны более масштабные исследования поведения океана в различных условиях. По-видимому, поведение океана как глобального накопителя углерода зависит от выбросов в атмосферу. Поэтому оба этих фактора должны снижаться при ускоренном внедрении безотходных технологий в использовании ископаемого топлива и промышленности.

Для доказательства взаимной связи между шестью факторами по исходным данным [1] нужно провести в дальнейшем факторный анализ. По мере накопления информации такие исследования нужно проводить ежегодно.

Литература

1. Le Quéré et al. The Global Carbon Budget 2017. Last updated on 9 March 2018. Version 1.3 (Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx).

2. P. Ciais et al. Carbon accumulation in European forests. 2008. Nature Geosci 1(7): 425-429. DOI: 10.1038/ngeo233.

3. Richard J. Millar et al. Emission budgets and pathways consistent with limiting warming to 1.5 ^{0}C. 2017. Nature Geosci. Vol. 10. DOI: 10.1038/NGEO3031. ngeo3031.pdf.

4. Gavin L. Foster, Dana L. Royer, Daniel J. Lunt. Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years. Nature Communications. 2017. DOI: 10.1038/ncomms14845.

5. K. Haustein et al. Supplementary Material for ”A real-time Global Warming Index”. Nature Scientific Reports. 2017. DOI:10.1038/s41598-017-14828-5.

6. Marie Charru et al. Recent growth changes in Western European forests are driven by climate warming and structured across tree species climatic habitats. Annals of Forest Science. 2017. DOI 10.1007/s13595-017-0626-1.

7. Malte Meinshausen et al. The RCP greenhouse gas concentrations and their extensions from 1765 to 2300. Climatic Change. 2011. DOI 10.1007/s10584-011-0156-z.

8. P.M. Mazurkin. Method of identification. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference, Geology and Mining Ecology Management*, SGEM, 2014, 1(6), pp. 427-434. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946541076&partnerID=40&md5=72a3fcce31b20f2e63e4f23e9a8a40e3

9. P.M. Mazurkin. Wavelet Analysis Statistical Data. *Advances in Sciences and Humanities*. Vol. 1, No. 2, 2015, pp. 30-44. doi: 10.11648/j.ash.20150102.11.

10. P.M. Mazurkin. Invariants of the Hilbert Transform for 23-Hilbert Problem, *Advances in Sciences and Humanities.* Vol. 1, No. 1, 2015, pp. 1-12. doi: 10.11648/j.ash.20150101.11.

11. P.M. Mazurkin. The Invariants of the Hilbert Transformation for Wavelet Analysis of Tabular Data. *American Journal of Data Mining and Knowledge Discovery.* Vol. 1, N. 1, 12, 2016. http://www.sciencepublishinggroup.com/journal/paperinfo?journalid=603&doi=10.11648/j.ajdmkd.20160101.14.

12. P.M. Mazurkin. Analisi dendrocronologica series. *Italian Science Review*. 2014; 5(14). PP. 163-169. Available at URL: http://www.ias-journal.org/archive/2014/may/Mazurkin.pdf.

13. P.M. Mazurkin, D.V. Tishin. Wave dynamics of tree-ring width jf Oak // *Integrated Journal of British.* Volume 2. 2015. Issue 1. JAN-FEB. P. 55-67. IJBRITISH-223-PA.pdf.

14. P.M. Mazurkin. Identification of the wave patterns of behavior. (2014). International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 1 (6), pp. 373-380. https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84946550468&partnerID=40&md5=0fd8f91ed5b1f0592fc587e5ffb14e51