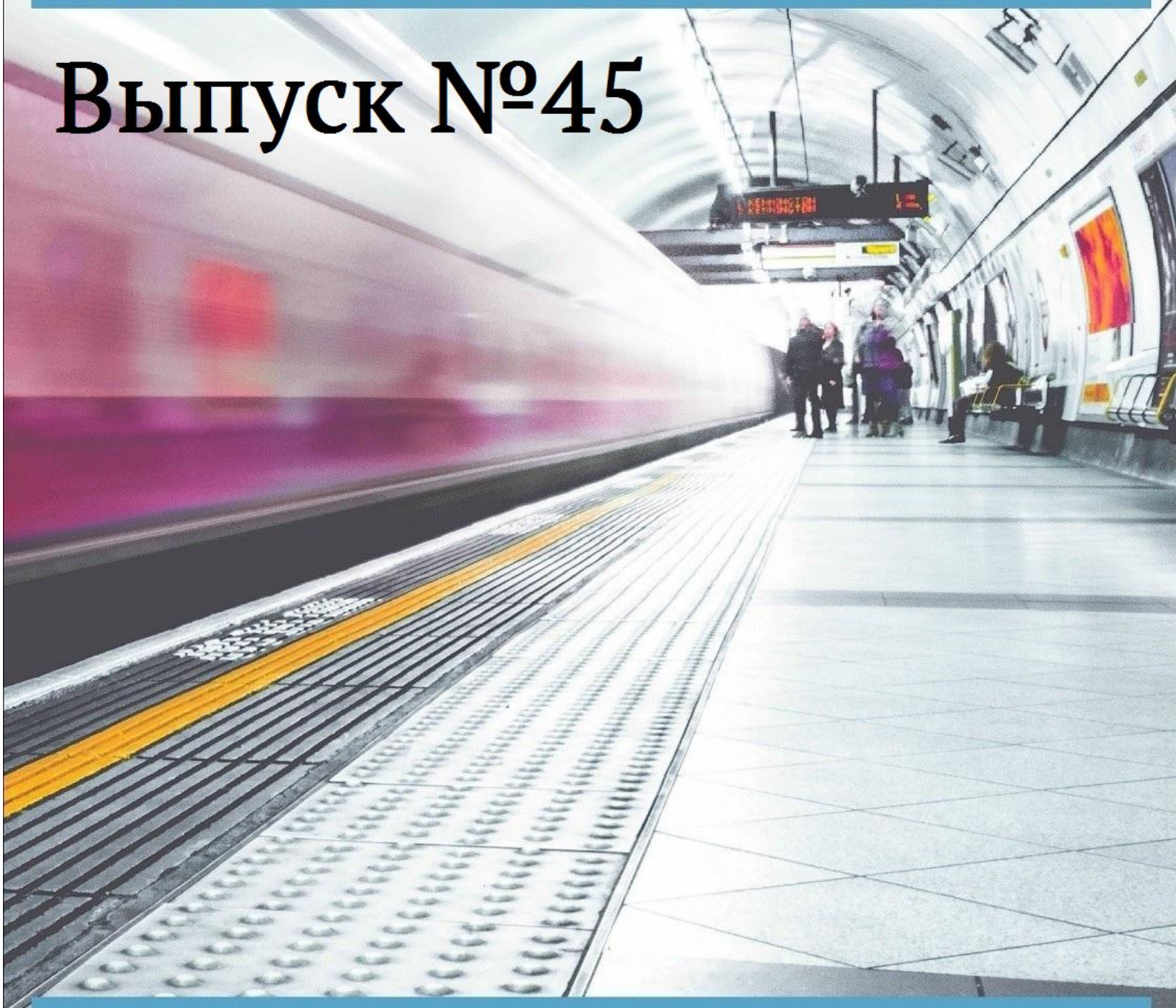
ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

Выпуск №45



КЕМЕРОВО 2019

29 апреля 2019 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1132
УДК 378.001
Кемерово
Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru
За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ

Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ

Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru
Подписано в печать 29.04.2019 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).
Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.
Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.
Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.
При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Содержание

1. ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СО2 ЗА 420 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ И ПРОГНОЗ НА 140 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ В ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ……..……..……..2
Мазуркин П.М.
2. ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ГОДИЧНОЙ ДИНАМИКИ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С 1878 ПО 2017 ГОДЫ И ПРОГНОЗ ПО ДАННЫМ HADLEY CENTRE CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)……..…….…...20
Мазуркин П.М.
3. ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ГОДИЧНОЙ ДИНАМИКИ МИНИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С 1878 ПО 2017 ГОДЫ И ПРОГНОЗ ПО ДАННЫМ HADLEY CENTRE CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)…….35
Мазуркин П.М.
4. ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ГОДИЧНОЙ ДИНАМИКИ СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С 1659 ПО 2017 ГОДЫ И ПРОГНОЗ ПО ДАННЫМ HADLEY CENTRE CENTRAL ENGLAND TEM-PERATURE (HADCET) ……..……..…….…...50
Мазуркин П.М.
5. ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ГОДИЧНОЙ ДИНАМИКИ МАКСИМАЛЬНОЙ, МИНИМАЛЬНОЙ И СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С 1879 ПО 2017 ГОДЫ ПО HADLEY CENTRE CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)……..……...66
Мазуркин П.М..
6. АВАРИИ НА ОБЪЕКТАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ…….……..……..80
Кузьменко В.П.
7. МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ……..……..83
Мирославский Д.Е.
8. КОНДЕНСАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЁМКОСТИ…..…….……..……..94
Давыдов С.А., Левков В.Н., Рябов А.Г., Хайров Р.Р.
9. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЩЕСТВА И ПРИРОДЫ……..……..96
Каримов С.М.
10. КОНЦЕПЦИЯ И ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ ТАДЖИКИСТАНА …..…….……..……..99
Каримов С.М.
11. РАСЧЕТ ПОТЕРИ ОТ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА…….102
Рахимов Г.Б., Муртазаев Ф.И.

Мазуркин Петр Матвеевич
Докт. техн. наук, проф., Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, E-mail: kaf_po@mail.ru

Mazurkin Petr Matveevich
Doc. tech. Sciences, Prof., Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia, E-mail: kaf_po@mail.ru

УДК 551.51

ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ CO_2 ЗА 420 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ И ПРОГНОЗ НА 140 МИЛЛИОНОВ ЛЕТ В ПРОШЛОЕ И БУДУЩЕЕ

WAVELET ANALYSIS OF CO2 DYNAMICS FOR 420 MILLION YEARS AND FORECAST FOR 140 MILLION YEARS IN THE PAST AND FUTURE

Аннотация. Методом идентификации устойчивых закономерностей проведен вейвлет анализ динамики максимальной вероятности CO_2 по основанию прогноза в 420 млн. лет в прошлое на 40 и будущее на 20 млн. лет. В динамике каждый фактор расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн и этот процесс характеризуется как квантовая определенность. Причем каждый вейвлет является отдельным квантом поведения. Прогнозирование с увеличением горизонта прогноза дает переход от определенности к квантовой запутанности. Для прогноза в прошлое было получено 50, а в будущее – 75 членов общей модели. Квантовая запутанность в динамике определяется на границе, после которой общая закономерность, состоящая из множества вейвлетов, дает график в виде расширяющейся волны с верхней и нижней границами. Эти границы и определяют квантовую запутанность. Прогнозы возможны до указанной границы. Для прогнозов в прошлое (ретро прогноз) был получен промежуток времени на 40 млн. лет от 420 до 460 млн. лет назад, а для прогнозов на перспективу определился горизонт прогноза от настоящего времени до 20 млн. лет на будущее. Прогноз на будущее оказался точнее. Время в будущее отчитывается 420 млн. лет назад и принимает значение на этот момент, равный 0. Максимальная относительная погрешность 75 членов равна 22.49%. По интервалам относительной погрешность 841 значения без учета знака распределилось так: 0-1% – 351 шт.; 1-2% – 199; 2-3% – 135; 3-5% – 100; 5-10% – 43; 10-20% – 2; более 20% – 1 шт. От 0 до ± 5 % относительной погрешности расположились всего 795 из 841 или 94.53% точек. В основании прогноза разместились 55 членов, а 20 членов или 26.7% влияют на будущее.

Abstract. Using the method of identifying stable patterns, a wavelet analysis of the dynamics of the maximum probability of CO2 was made by the base of the forecast of 420 million years in the past by 40 and the future by 20 million years. In dynamics, each factor is divided into the sum of wavelets, that is, in time, the factor is represented as a bundle of solitary waves, and this process is characterized as quantum definiteness. And each wavelet is a separate quantum of behavior. Forecasting with an increase in the forecast horizon provides a transition from certainty to quantum entanglement. For the forecast in the past 50 were received, and in the future - 75 members of the general model. Quantum entanglement in dynamics is determined at the boundary, after which a general pattern consisting of a set of wavelets gives a graph in the form of an expanding wave with upper and lower bounds. These boundaries determine quantum entanglement. Forecasts are possible to the specified limit. For forecasts in the past (retro forecast), a period of 40 million years was obtained from 420 to 460 million years ago, and for forecasts for the future, the forecast horizon was defined from the present to 20 million years for the future. The forecast for the future turned out to be more accurate. The time to the future is reported 420 million years ago and takes the value at this time, equal to 0. The maximum relative error of 75 members is 22.49%. At intervals, the relative error of 841 values without a sign was distributed as follows: 0-1% - 351 pcs .; 1-2% - 199; 2-3% - 135; 3-5% - 100; 5-10% - 43; 10-20% - 2; more than 20% - 1 pc. From 0 to 5% of the relative error, there are only 795 out of 841 or 94.53% of the points. At the base of the forecast, 55 members were placed, and 20 members or 26.7% affect the future.

Ключевые слова: атмосфера Земли, содержание CO_2, динамика, вейвлет анализ, кванты поведения, закономерности, прогноз.

Keywords: Earth's atmosphere, CO_2 content, dynamics, wavelet analysis, behavior quanta, patterns, forecast.

1. Введение

Эволюция климата Земли на геологические сроки в значительной степени обусловлена вариациями суммарной солнечной радиации и изменениями в содержании парниковых газов в атмосфере.

Расширение наземных растений вместе с океаном позволило обеспечить долговременную обитаемость на планете. Человечество использует ископаемые виды топлива, к середине XXI века значения CO_2 будет одинаков с ранним Эоценом (50 млн лет назад). Если концентрация CO_2 продолжит расти и в XXIII веке, земля будет реагировать как за полтора миллиарда лет [9].

Нами было показано, что по флюктуирующей асимметрии листьев березы возможна оценка влияния загрязнений воздуха [7] за вегетационный период.

Понимание реакции растений на факторы окружающей среды необходимо для прогнозирования изменений темпов поглощения углерода в лесах при различных условиях окружающей среды. В Финляндии имеется представление о реакции молодых лиственных деревьев на повышение температуры воздуха во взаимодействии с тропосферным озоном. Эти знания повышают шансы на разработку моделей для включения параметров, которые описывают лесную систему в изменяющихся климатических условиях [14].

Поэтому можно утверждать, что будущее сдерживания количества CO_2 находится в увеличении площади, прежде всего, лесов [15, 16].

Динамику температуры по годам [1] можно описать множеством асимметричных вейвлетов (множеством квантов поведения) вплоть до ошибки измерений. Аналогично хорошо квантуется содержание CO_2 в атмосферном воздухе по среднегодовым и среднемесячным данным [2-5]. По вейвлетам универсальной конструкции изменяется динамика углерода в Европе [6, 8, 12, 13].

Таким образом, любое явление или процесс можно оценивать по уровню адекватности (коэффициенту корреляции) разложения функциональной связности климата на квантовую распутанность (определенность), а отношения между параметрами климата дадут квантовую запутанность.

В данной статье различаются кванты поведения первого вида: в динамике каждый фактор (в данной статье максимальная вероятность содержания CO_2 за 420 миллионов лет [9]) расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн (солитонов) и этот процесс характеризуется как ***квантовая распутанность (определенность).*** Причем каждый вейвлет является отдельным квантом поведения. По времени они относятся к бесконечномерным или конечномерным вейвлетам (солитонам, уединенным волнам). Прогнозирование с увеличением горизонта прогноза (при постоянстве основания прогноза) дает переход от определенности к квантовой запутанности.

Это мы покажем при прогнозе максимальной вероятности CO_2 на 140 млн. лет в прошлое и будущее от основания прогноза в 420 млн. лет.

Как вейвлет, любой квант поведения во времени можно отнести к двум группам: 1) происшедшие в основании прогноза до момента времени окончания измерений, которые не влияют на прогнозируемое прошлое или будущее; 2) переходящие на прошлое или будущее время, и они влияют на прошлое или будущее поведение объекта исследования.

Вторая группа вейвлетов образует набор уравнений ***прогнозной модели***. Расчеты по ним, по мере роста горизонта прогноза (в прошлое или будущее) дают высокую ***критическую квантовую запутанность*** из-за резкого роста амплитуды у некоторых колебаний. Исключив эти критические вейвлеты, получаем прогнозную модель ***умеренной квантовой запутанности***. Далее исключая из списка вейвлетов предкритические уравнения, дающие плавный незначительный рост в будущем амплитуды колебаний, получаем нормальную прогнозную модель с ***низкой квантовой запутанностью***.

При таком подходе в таблице параметров модели можно исключить те вейвлеты, которые характерны для времени в основании прогноза и произошли от начала до конца основания прогноза. А оставшиеся уравнения в дальнейшем будем разделять на три группы: ***нормальную*** (без учета предкритических и критических вейвлетов)***, предкритическую*** (без учета критических вейвлетов) ***и критическую*** (все переходящие на будущее вейвлеты) ***прогнозные модели***.

2. Исходные данные

Максимальная вероятность концентрации CO_2 была сгруппирована по обширному списку источников (ncomms14845-s2.xlsx [9]). Как правило, количество наблюдений увеличивается по мере приближения к настоящему времени (начало XXI века), с заметным исключением пика при примерно 200 миллионов лет назад в Триасовый–Юрский периоды в границах по оценкам на ископаемых растениях (рис. 1).

В статье [9] ось абсцисс направлен справа налево вглубь времени прошлого, но мы рассмотрим слева направо по двум осям времени (в прошлое и будущее).

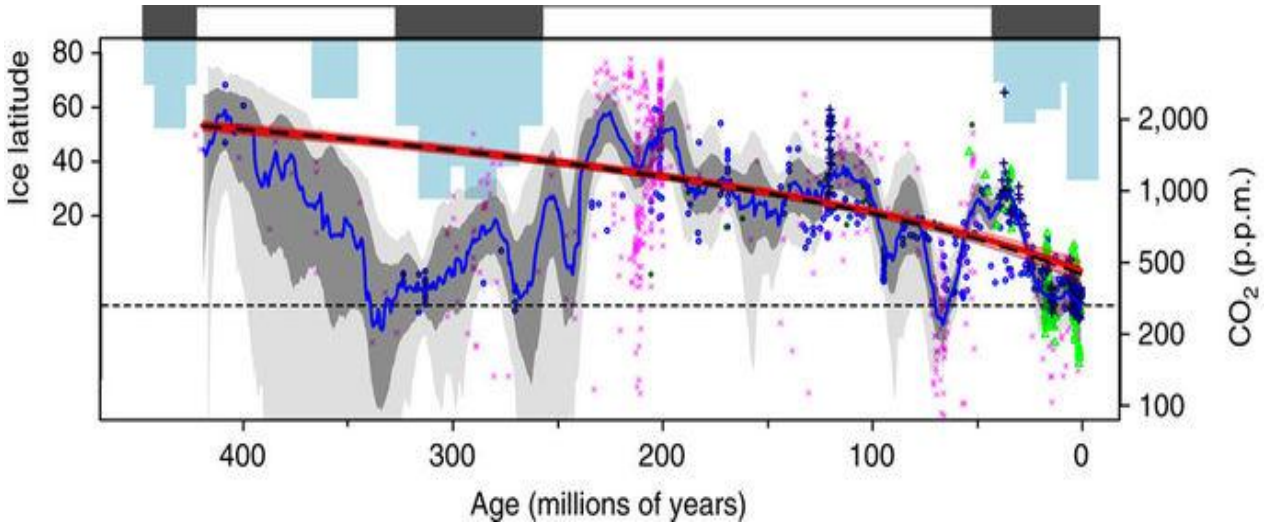


Рисунок 1. Графики эволюции климата и атмосферного CO_2 [9]

Данные приведены в таблице 1 (ncomms14845-s3.xlsx) [9]. В ней время t исчисляется через каждые 0.5 млн. лет в прошлое, то есть в ретроспективу по схеме на рисунке 1. Для прогнозирования в будущее от XXI века принята шкала времени t_p в перспективу.

Таблица 1. Максимальная вероятность содержания CO_2 за 420 млн лет (по данным ncomms14845-s3.xlsx [9])

Максимальная вероятность pCO_2	Ретроспектива в прошлое				Перспектива в будущее			
	№ п/п	Время t, млн. лет	Остатки ε_{50}	Относ. погрешн. Δ, %	№ п/п	Время t_p, млн. лет	Остатки ε_{75}	Относ. погрешн. Δ_p, %
276.01	1	0.00	-9.61119	-3.48	1	420.00	-7.50117	-2.72
275.73	2	0.50	20.48	7.43	2	419.50	-6.28679	-2.28
287.21	3	1.00	34.4804	12.01	3	419.00	9.12686	3.18
290.03	4	1.50	14.6906	5.07	4	418.50	9.25085	3.19
295.99	5	2.00	-3.5341	-1.19	5	418.00	8.09257	2.73
…	…	…	…	…				
532.66	482	240.00	-187.999	**-35.29**	481	180.00	-119.788	**-22.49**
…	…	…	…	…				
1435.26	837	417.50	-9.3999	-0.65	837	2.50	-8.847	-0.62
1387.93	838	418.00	18.9098	1.36	838	2.00	0.840644	0.06
1354.84	839	418.50	12.2783	0.91	839	1.50	-13.3246	-0.98
1414.00	840	419.00	14.8838	1.05	840	1.00	34.25	2.42
1443.91	841	419.50	-53.7409	-3.72	841	0.50	13.6653	0.95

После каждого вейвлета, ориентированного вглубь времен или в будущее, образуются текущие остатки или абсолютные погрешности. При этом фактические значения изучаемого показателя [9] принимаются за достоверные с погрешностью измерений данные, а расчетные по

вейвлетам значения – за изменяемые данные. По оси t было получено 50 членов, а вдоль оси времени t_p – 75. Максимальная относительная погрешность составила 35.29 и 22.49%.

3. Вейвлет анализ

Любой динамический ряд нами понимается как череда сигналов. По измерениям [9] динамический ряд известен, однако множество сигналов не выявлено. По нашим 50 и 75 вейвлетам нужно будет провести эвристический (исторический) анализ и определить объяснения каждому колебанию. Тогда получится полный анализ динамики показателя. Но, как правило, динамических рядов было в науке выявлено много, однако эти измерения публикуются только в виде таблиц без квантования. Поэтому актуальным становится идентификация закономерностей в виде асимметричных вейвлетов по этим известным данным.

Вейвлет сигнал, как правило, любой природы (объекта исследования) математически записывается волновой формулой [10] вида

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

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (1), m – количество членов в модели (1), в нашем случае равен 50, x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \ldots a_8$ – параметры модели, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40 (URL: http://www.curveexpert.net/), A_i – амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

По формуле (1) 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 вейвлет-сигнала позволяет абстрагироваться от физического смысла многих статистических рядов измерений и рассматривать их аддитивное разложение на составляющие в виде суммы отдельных вейвлетов.

Сигнал – это материальный носитель информации. А информация нами понимается как ***мера взаимодействия***. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен. Сигналом может быть любой физический процесс или его часть. Получается, что изменение множества неизвестных сигналов давно известно, например, через ряды трехчасовых метеорологических измерений. Однако до сих пор нет статистических моделей как динамики, так и взаимной связи между четырьмя параметрами погоды на данной метеостанции.

На информационно-технологическом уровне 23-я проблема Гильберта (развитие методов вариационного исчисления) нами была решена [10].

При этом ***вариация функций*** сводится к осознанному отбору устойчивых законов и конструированию на их основе адекватных устойчивых закономерностей. Мы придерживаемся концепции Декарта о необходимости применения алгебраического уравнения общего вида напрямую как конечного математического решения неизвестных дифференциальных или интегральных уравнений. Для этого был предложен новый класс волновых функций (1).

4. Закономерности динамики максимальной вероятности CO_2 в прошлое

Всего вглубь прошлого было получено методом идентификации [10] 50 составляющих общей модели. Остатки в таблице 1 программой CurveExpert-1.40 вычислены как разность между расчетными и фактическими данными. Тогда относительная погрешность после последнего 50-го члена будет равна $\Delta = 100\varepsilon_{50} / pCO_2$. По интервалам относительной погрешность 841 значения без учета знака из таблицы 1 распределилось так: 0-1% – 240 шт.; 1-2% – 200; 2-3% – 134; 3-5% – 160; 5-10% – 82; 10-20% – 21; 20-35.29% – 4 шт. От 0 до ± 5 % относительной погрешности расположились всего 734 из 841 или 87.28% точек.

В таблице 2 приведены значения параметров модели (1). Причем из 50 членов 31 (62%) вейвлет влияют на прошлое. Из неё видно, что тренд по первому члену является частным случаем вейвлета (бесконечный период колебания).

Таблица 2. Параметры моделей динамики CO_2 по таблице 1
(оставлены вейвлеты, влияющие на прошлое)

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	1.68394	0	-5.53097	0.020890	0	0	0	0	
2	-0.037295	0	-5.28805	0.10915	465.67270	-30.04512	0.39801	-0.30120	
3	289.90150	0	0	0	-8.79508	9.05721	0.28726	0.91979	0.9563
4	-159.47011	0	0	0	14.78641	0	0	1.15734	
5	-86.97376	0	-0.00096850	1	10.82382	0.072773	0.51312	-0.37668	
7	0.00064250	0	-8.51828	0.050474	29.02795	-0.055195	0.76082	-2.95190	0.2894
8	51.38346	0	0	0	16.27744	0	0	0.35962	0.3427
9	-4.84719	0.68963	5.92448e-5	1.77665	19.69828	-0.0024917	1.01009	3.23324	0.5046
10	53.41673	0	0.0025005	1	18.93687	-1.22456	0.30010	-4.86072	0.2847
12	1.73972e-24	9.94805	0	0	5.96661	-1.15493e-5	0.99658	-3.56262	0.4078
16	-0.84592	0.97188	0.033760	0.63856	10.86534	-0.0016481	1.09392	-0.004089	0.5160
19	13.73640	0	0	0	5.69459	0	0	0.26561	0.1804
20	-0.098911	1.11744	0.013408	0.73763	7.77945	0.00075343	0.86272	-2.59647	0.1547
21	6.78604	2.371121	4.13036	0.20082	51.61199	-2.66456	0.35115	-5.83289	0.1507
22	4.01872	0.26171	0.00071775	1	5.91673	0	0	-4.45834	0.1857
23	-2.44151e-21	17.33036	5.31618	0.38562	5.32268	0	0	5.13724	0.3109
24	-2.28378e-108	48.24299	0.010949	1.35853	3.27976	0	0	0.20635	0.2552
25	9.01572	0	0	0	10.79549	0.00039528	1.23527	0.57416	0.1391
26	-0.015936	0	-4.75341	0.072784	4.96851	0.020054	0.013007	1.52492	0.2813
27	2.89866e-7	3.14018	0.00059994	1	4.38202	-6.11359e-9	1	-5.53276	0.2437
28	6.84209e-17	6.72696	0	0	1.35065	0	0	-3.01521	0.1316
30	-8.07759e-7	2.84608	0	0	2.01172	0	0	0	0.1625
31	-0.017132	1.91741	0.22346	0.52591	4.66587	0.0069106	0.45099	-4.45158	0.1780
33	6.49858e-31	12.18429	0	0	1.65453	0	0	5.27578	0.2200
34	-1.15602e-15	6.38696	0	0	2.90030	0	0	-1.29450	0.3426
39	2.36471e-5	3.12312	0.17548	0.58845	1.37393	0	0	0.019161	0.1393
41	1.67926e-59	24.83769	0.0025525	1.39405	3.81950	0	0	3.28420	0.1053
43	-0.026529	1.06038	0.00021871	1	2.16622	0	0	-2.96166	0.1964
45	-3.97615e-8	3.38839	0	0	2.63102	0	0	-1.08476	0.2714
46	0.13955	0.90631	0.0033601	1.06910	9.69543	0.00034995	1.19461	0.53545	0.1320
48	5.95353e-20	8.86334	0.0039070	1.24037	7.20591	0	0	-3.28572	0.1160

Примечание: курсивом выделены предкритические, а полужирным – критические вейвлеты.

Как правило, регрессионные модели любой динамики методом идентификации можно довести до конечного множества вейвлет-сигналов. Критерием остановки процесса идентификации становится только погрешность измерений, когда текущие остатки становятся меньше неё. В нашем случае остановка процесса идентификации произошла из-за затрудненности дальнейшего моделирования. Каждый вейвлет становится отдельным квантом поведения. Поэтому принято, что изучаемый процесс квантуется на отдельные элементарные процессы.

По вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1.40 (URL: http://www.curveexpert.net/) были получены первые пять членов, которые вместе дают коэффициент корреляции 0.9563 (доверительная вероятность 95.63%). Остальные члены получены идентификацией предыдущих остатков. Из 31 уравнения первые пять влияют на нормальную, предкритическую и критическую прогнозные модели. Далее к нормальной прогнозной модели относятся 16 уравнений (№№ 7-10, 19-25, 31, 39, 43, 46 и 48), предкритические на отдаленное будущее создают 6 волн (№№ 16, 26, 27, 30, 41, 45), а критическими на ближайшую перспективу

создают 4 волны (№№ 12, 28, 33 и 34).

Из теории прогнозирования известно, что прогнозы допустимы на одну треть от длины основания прогноза (в нашем примере 420 млн. лет назад). Тогда горизонт прогноза возможен с нынешнего времени до 140 млн. лет дальше в прошлое (до 560 млн. лет с начала отсчета времени на рисунке 1).

Отрицательный знак перед составляющей модели (1) показывает, что она является кризисной для повышения значений максимальной вероятности CO_2. Из данных таблицы 2 видно, что из 31 вейвлетов 15 членов имеют перед собой отрицательный знак и тем самым тормозят росту значений показателя. Остальные 16 членов с положительным знаком направлены на повышение значений максимальной вероятности содержания в атмосфере CO_2.

Амплитуда показывает экспоненциальное снижение (при положительном знаке a_{3i}) или экспоненциальное повышение (при отрицательном знаке a_{3i}) со временем изменения изучаемого показателя.

При условии $a_{2i}=0$ амплитуда колебания изменяется по экспоненциальному закону гибели или роста. При условиях $a_{2i}=0$ и $a_{4i}=1$ формула амплитуды становится законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа-Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). Составляющие 1 и 2 модели (1) по амплитуде являются модифицированным нами законом Лапласа при интенсивности роста или гибели, не равном 1 [10]. При условиях $a_{2i}=0$, $a_{2i}=0$ и $a_{4i}=0$ (например, члены № 3, 4 и др.) получаем колебания с постоянной амплитудой за все время продолжительностью в 420 млн. лет.

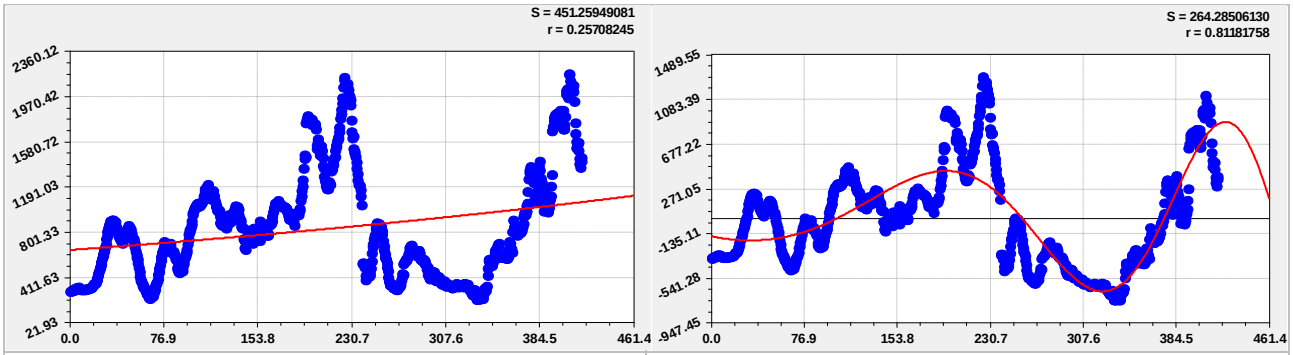
Если же все четыре параметра амплитуды не равны 0, то получаем биотехнический закон проф. П.М. Мазуркина [10]. В частных случаях, при условиях $a_{3i}=0$ и $a_{4i}=0$, получаем закон экспоненциального роста (№ 12, 28, 30 и др.), часть из которых могут стать критическими членами. Если этот закон расположен в хвосте динамического ряда динамики, то затрудняет прогнозирование, так как эта волна еще не «созрела» (не имеет закона экспоненциальной гибели, как это происходит в биотехническом законе).

Таким образом, бывшие на основании прогноза волны являются уже «перезрелыми» и поэтому их можно не учитывать в прогнозных моделях.

Из значений полупериода колебания a_{5i} видно, что минимальное значение было равно 1.35065, а максимальное – 465.67270 млн. лет. Тогда максимальный период колебания равен $2\times$ 465.6727 = 931.3454 млн. лет, то есть достигает почти миллиарда лет на начало основания прогноза (XXI век). Затем период колебания в прошлое резко снижается (параметр модели a_{6i} принимает отрицательное значение). Параметр модели a_{7i} показывает интенсивность роста или снижения полупериода со временем, начиная от 420 млн. лет назад (при $t=0$). При условиях $a_{6i}=0$ и $a_{7i}=0$ получим колебание с постоянной полупериодом a_{5i}. Сдвиг начала колебания a_{8i} показывает смещение от начала основания прогноза.

5. Первые закономерности динамики в прошлое

Первый член (рис. 2) из таблицы 2 модели (1) в виде тренда (волна с периодичностью гораздо больше 420 млн. лет) показывает рост CO_2 в прошлое.



Первый член (тренд) | Второй член (первый вейвлет)

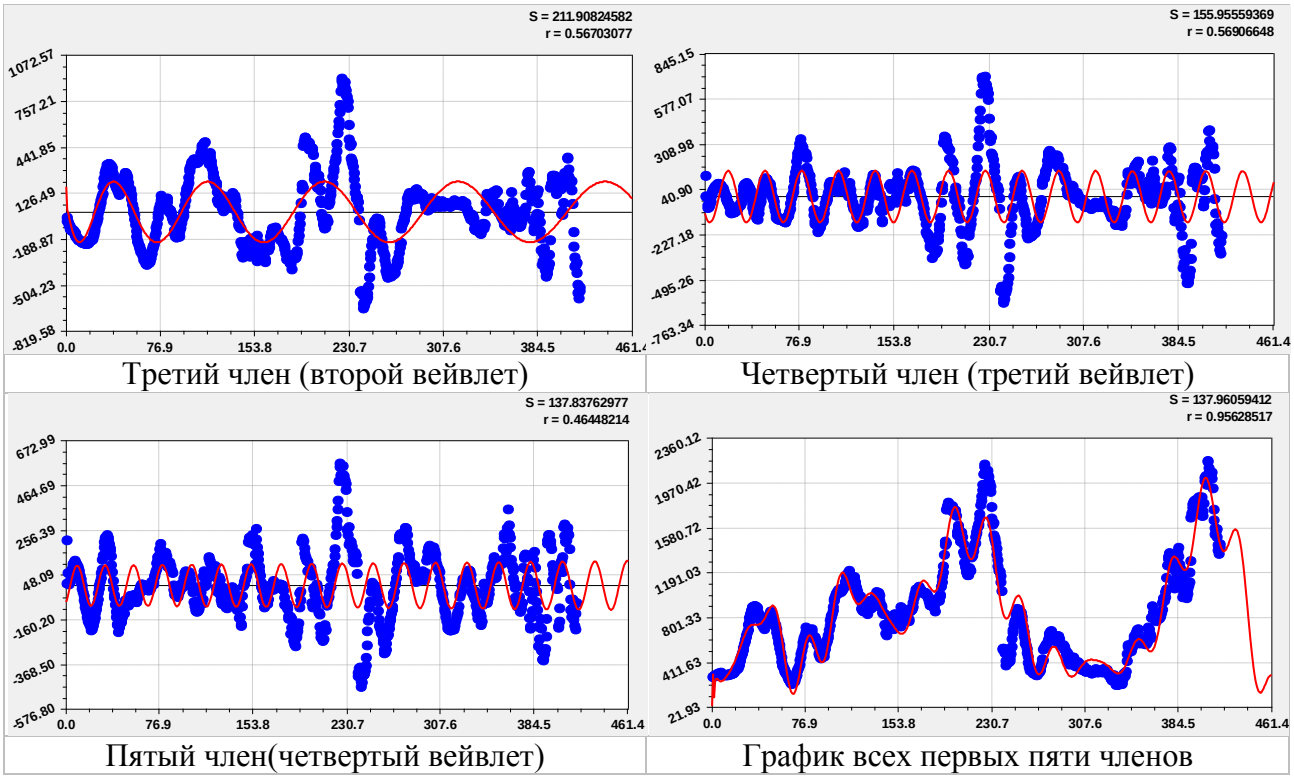


Рисунок 2. График первых пяти членов модели динамики максимальной вероятности CO_2: S - дисперсия; r - коэффициент корреляции

Если модель содержит только один тренд, то было получено уравнение

$$pCO_2 = 648.80491\exp(0.0011766t). \qquad (2)$$

Эта формула является законом Лапласа (в математике) экспоненциального роста. В таблице 1, при условии $t = 0$ в начале основания прогноза, максимальная вероятность CO_2 была равна 276.01. Тогда расчетное значение по наипростейшей модели (2) в 648.80 / 276.01 = 2.35 раза больше. При этом коэффициент корреляции тренда на рисунке 2 равна всего 0.2581 (нет связи при коэффициенте корреляции менее 0.3). Поэтому закон (2) с большой погрешностью отображает динамику изучаемого показателя вглубь прошлого.

Среди пяти членов по таблице 2 получено уравнение тренда вида

$$p_1CO_2 = 1.68394\exp(5.53097t^{0.020890}). \qquad (3)$$

Тогда при условии $t = 0$ половина амплитуды в 276.01 / 1.68374 = 164 раза меньше фактически измеренного значения по данным таблицы 1. Поэтому другие члены модели (1) позволяют исключить эту разницу.

График всех пяти членов показан на рисунке 2.

Коэффициент корреляции равен 0.9563. Остальные 45 членов из таблицы 2 дают адекватность 1 – 0.9563 = 0.0437. Поэтому влияющие на будущее 31 – 5 = 26 членов имеют очень малую адекватность, но роль микроколебаний велика.

6. Другие вейвлеты динамики максимальной вероятности CO_2 в прошлое

Далее рассмотрим другие виды вейвлетов модели (1) в прошлое.

6.1. Вейвлеты за 420 млн. лет, не влияющие на прогноз в прошлое. Покажем графики наиболее характерных вейвлетов из общего количества 19, которые не влияют на прошлое (рис. 3) и находятся в пределах основания прогноза.

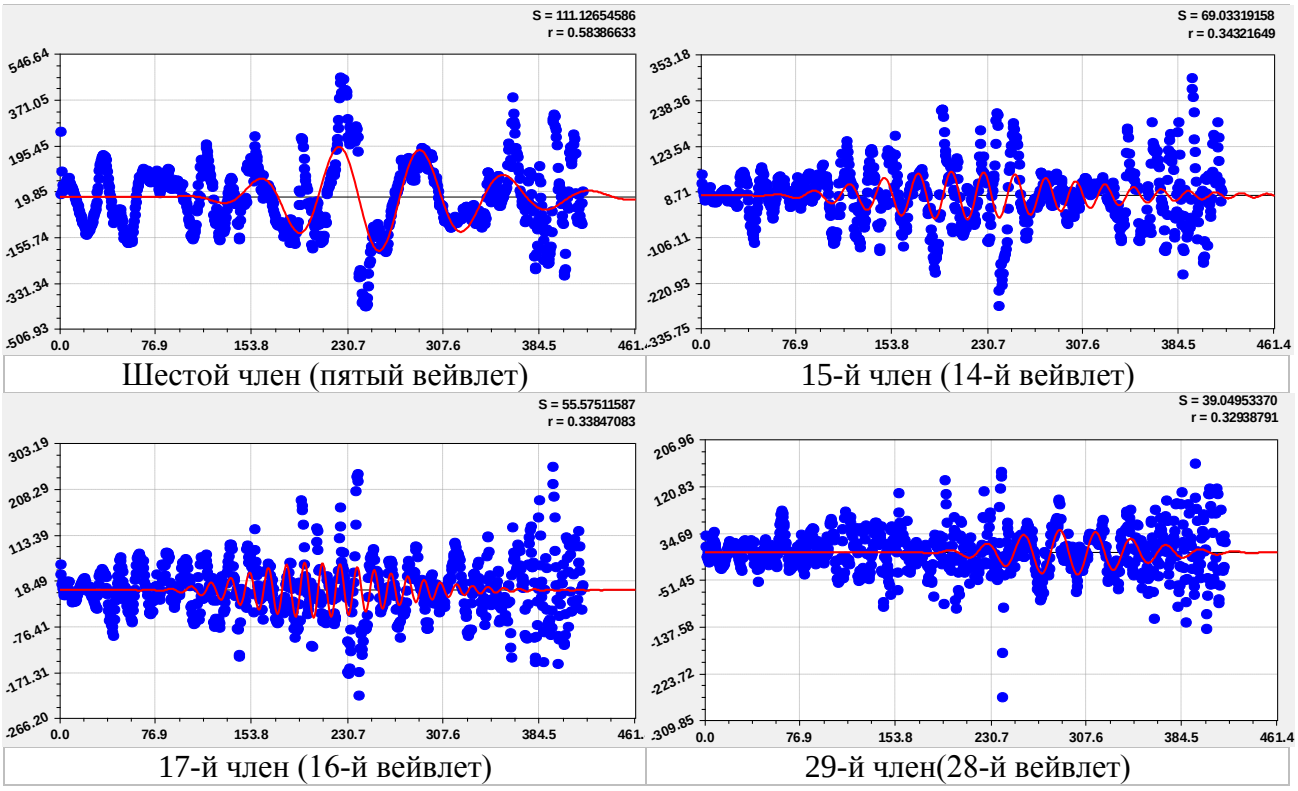


Рисунок 3. Вейвлеты максимальной вероятности CO_2 в пределах основания прогноза

С адекватностью 0.5839 был вейвлет (шестой член), который вначале возрастал по амплитуде от 100 до 230 млн. лет в прошлое, а затем уменьшался почти до нуля через 420 млн. лет. При этом частота волны уменьшалась.

Аналогичная колебательная адаптация к внешним условия произошла в период от 75 до 420 млн. лет (15-й член на рисунке 3) с максимумом амплитуды колебания примерно в 195 млн. лет назад. 17-й член был с 90 по 365 млн. лет с максимумом амплитуды примерно в 200 млн. лет. 29-й член оказал колебательное возбуждение с 190 по 420 млн. лет в прошлое. Оба колебания по 17 и 29 членам имеют полную конструкцию вейвлета по формуле (1). Колебание 50-му члену произошел с 100 до 300 млн. лет с постоянным полупериодом.

6.2. Нормальные вейвлеты в прошлое максимальной вероятности CO_2. Из 16 вейвлетов, влияющих на прошлое за пределы 420 млн. лет вглубь времени, на рисунке 4 показаны четыре.

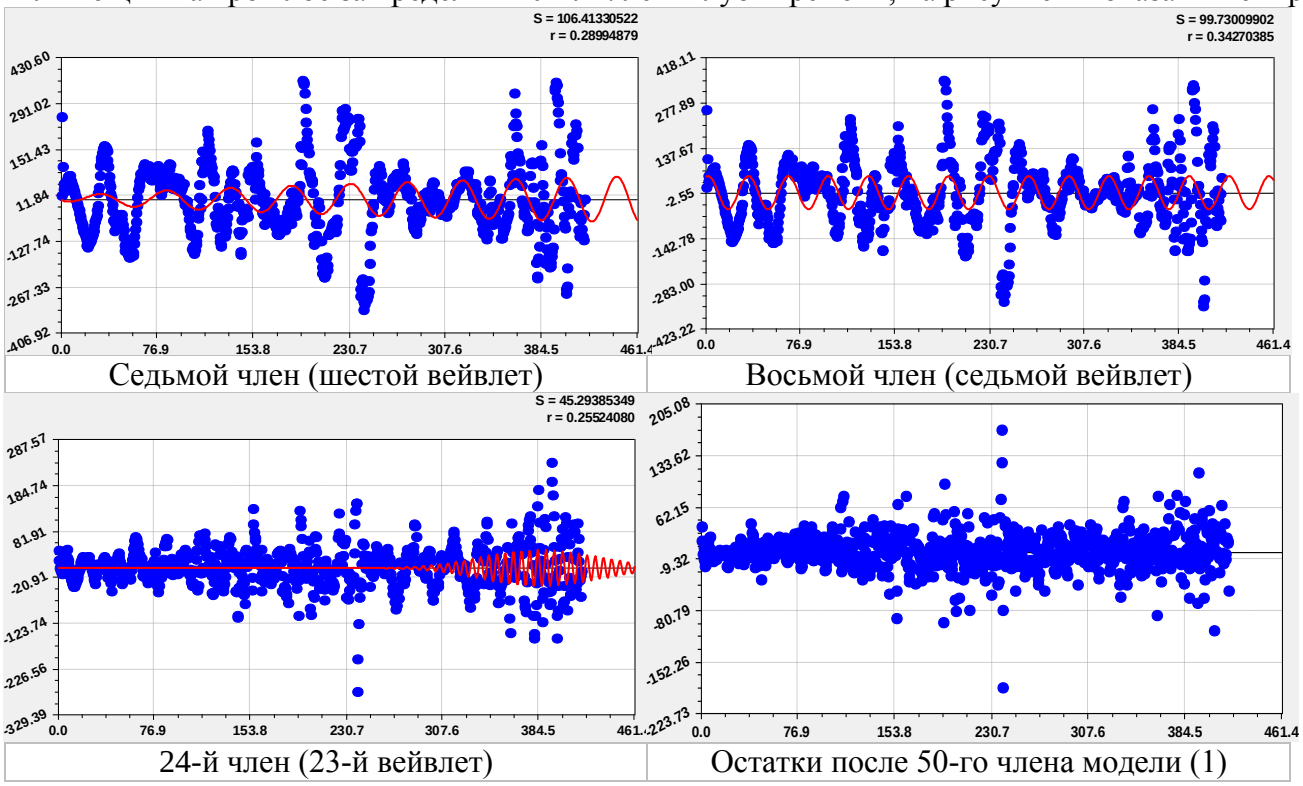


Рисунок 4. Нормальные вейвлеты динамики максимальной вероятности CO_2

Как видно из графиков, все нормальные вейвлеты имеют по времени продолжение на прошлое вглубь времени.

6.3. Предкритические вейвлеты в прошлое. На рисунке 5 даны графики всех шести предкритических вейвлетов. Такими мы назвали колебания, которые относительно горизонта прогноза возрастают, но не резко, по амплитуде.

Например, 16-й член имеет изменение амплитуды по биотехническому закону [10], однако максимум амплитуды колебания находится около 400 млн. лет назад. Поэтому вторая часть уменьшающейся по амплитуде волны находится далеко вглубь времени за пределами 420 млн. лет. Для 26-го члена характерен медленное увеличение амплитуды по закону экспоненциального роста. А для 27-го члена максимум амплитуды находится после 460 млн. лет вглубь времени. При этом 30-й член имеет нарастающую по закону показательного роста амплитуду.

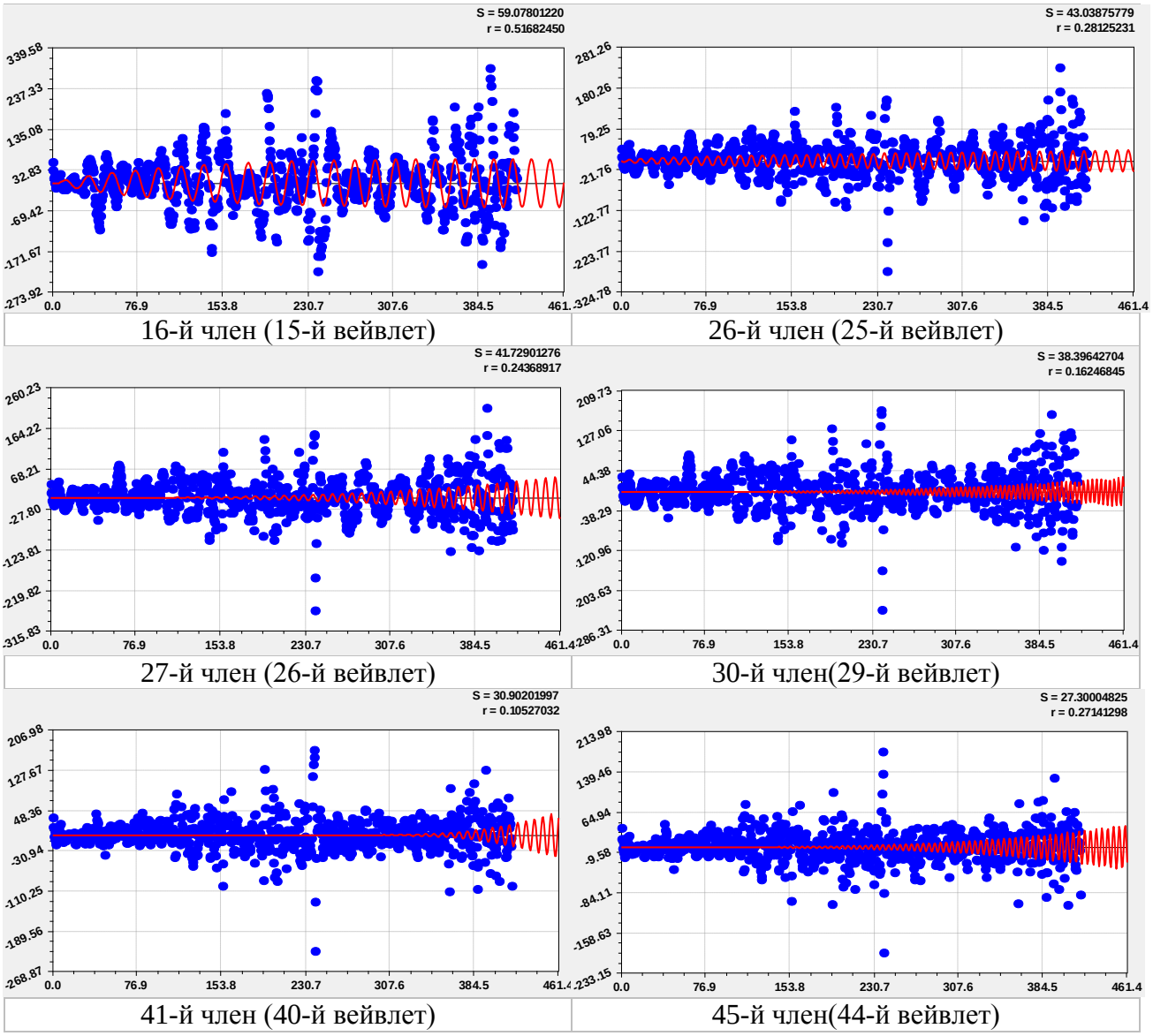


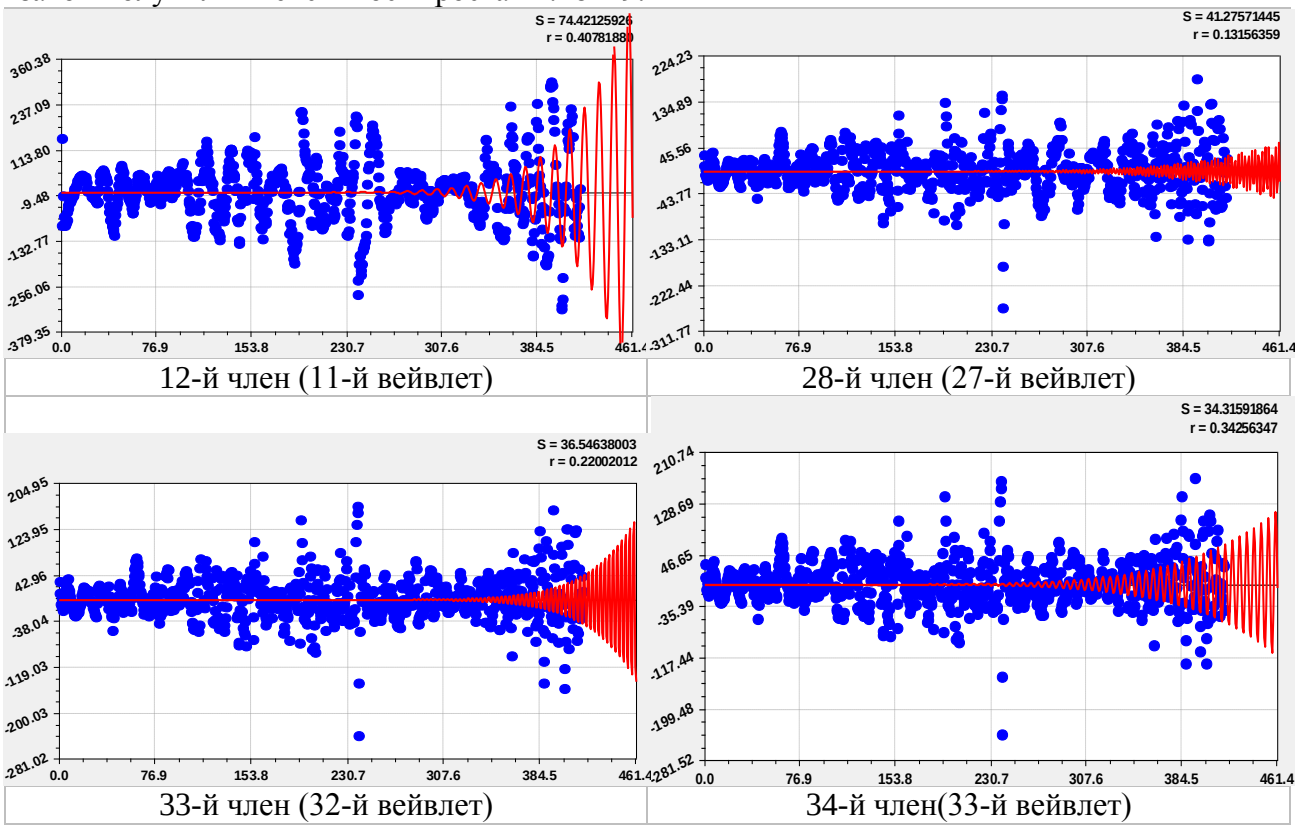
Рисунок 5. Предкритические вейвлеты динамики максимальной вероятности CO_2

41-й член также имеет максимум амплитуды после 500 млн. лет. При этом 45-й член также меняет свою амплитуду по показательному закону роста.

6.4. Критические вейвлеты динамики вглубь времени. Все четыре критические на будущее вейвлета показаны на рисунке 6. Их в динамическом ряду по данным таблицы 1 оказалось мало (всего 8%).

По 12-му члену амплитуда стала изменяться с 290 млн. лет назад по показательному закону при очень высокой интенсивность роста 9.94805 (в степени почти 10). Полупериод колебания стол снижаться от 5.97 млн. лет. В итоге этот вейвлет резко учащается. При этом положительный знак перед формулой показывает, что содержание CO_2 в прошлое резко возрастает. 28-й член начался примерно в 300 млн. лет с амплитудой также по показательному закону, но при постоянном

полупериоде в 1.35 млн. лет. 33-й член также начался примерно 300 млн. лет, однако показательный закон получил интенсивность роста 12.18429.



12-й член (11-й вейвлет) | 28-й член (27-й вейвлет)

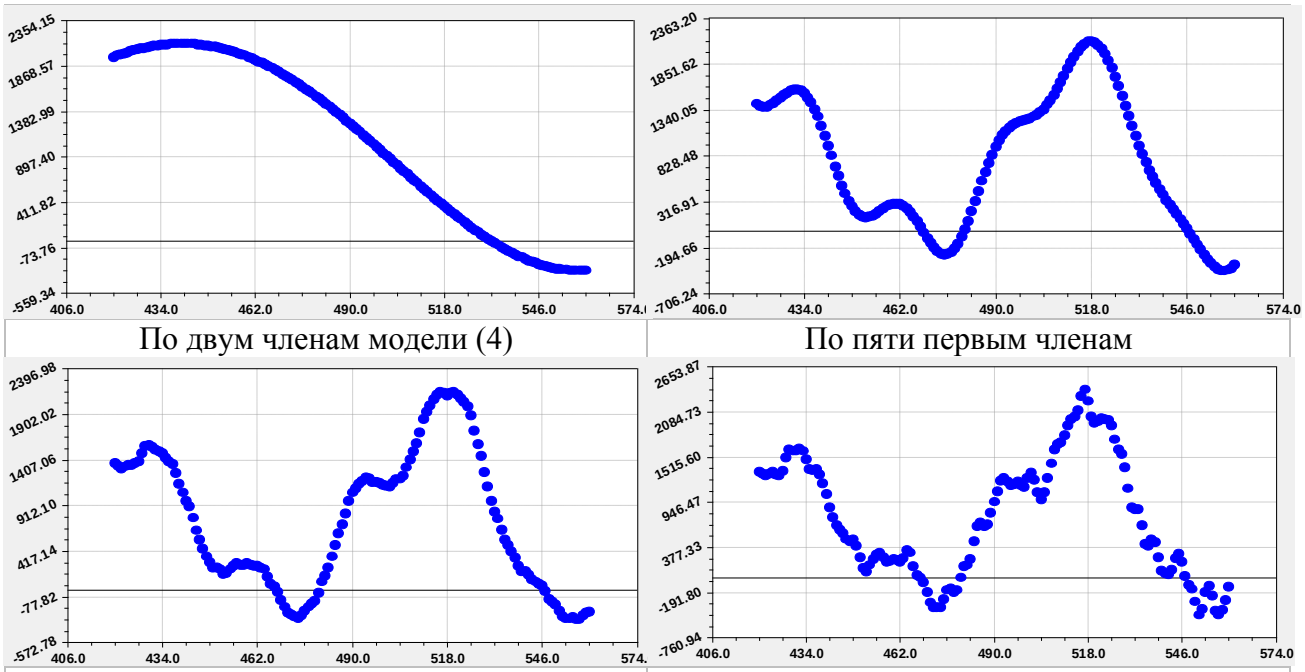
33-й член (32-й вейвлет) | 34-й член(33-й вейвлет)

Рисунок 6. Критические в прошлое вейвлеты динамики максимальной вероятности CO_2

Этот вейвлет также повышает максимум вероятности CO_2. 34-й член направлен на понижение CO_2, которое началось в 240 млн. лет назад.

7. Прогнозы в прошлое максимальной вероятности CO_2

Прямыми расчетами в Excel по вейвлетам был получен прогноз максимальной вероятности CO_2 с 420 по 560 миллионов лет в прошлое (рис. 7).



По двум членам модели (4) | По пяти первым членам

По 21 члену модели (1) | По 27 членам модели (1)

Рисунок 7. Прогнозы на 140 млн. лет в прошлое максимальной вероятности CO_2

С возрастанием количества учтенных членов общей модели (1) график прогноза вглубь времени усложняется.

С учетом критических вейвлетов (рис. 8) график приобретает с какого-то времени вглубь в

прошлое квантовую запутанность.

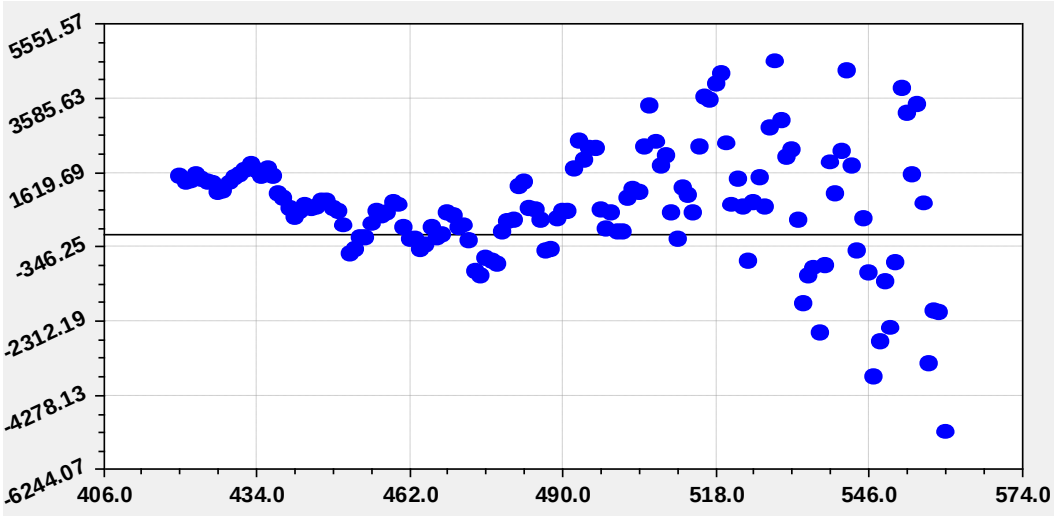


Рисунок 8. Прогноз по 31 членам максимальной вероятности CO_2 в прошлое

Границей между распутанностью (определенностью) и запутанностью (неопределенностью) становится момент времени в прошлое примерно в 460 млн. лет назад. Тогда прогноз в прошлое возможен только на 40 млн. лет вглубь от 420 млн. лет назад по графику на рисунке 1.

8. Закономерности максимальной вероятности CO_2 в будущее

Время в будущее отчитывается 420 млн. лет назад и принимает значение на этот момент, равный 0 (табл. 1). В наше время (начало XXI века) прошло 420 млн. лет (основание прогноза), что позволяет дать на будущее прогнозы на 140 млн. лет вперед.

Всего от прошлого в будущее было получено методом идентификации [10] 75 составляющих общей модели. При этом максимальная относительная погрешность равна 22.49%. По интервалам относительной погрешность 841 значения без учета знака из таблицы 1 распределилось так: 0-1% – 351 шт.; 1-2% – 199; 2-3% – 135; 3-5% – 100; 5-10% – 43; 10-20% – 2; более 20% – 1 шт. От 0 до ± 5 % относительной погрешности расположились всего 795 из 841 или 94.53% точек.

В основании прогноза разместились 55 членов, а 20 членов или 26.7% влияют на будущее (табл. 3).

Из влияющих вейвлетов 16 оказываются конечномерными и только четыре (№№ 1, 3, 14 и 18) являются бесконечномерными. Этот факт показывает, что для прогноза на будущее процесс динамики CO_2 в виде «жгута» содержит в основном уединенные волны (в таблице 2 было шесть бесконечномерных вейвлетов).

Полупериод колебания a_{5i} для третьего члена 420 лет назад был отрицательным, что указывает на необычность этого вейвлета. Остальные члены из таблицы 3 изменяются по пол4упериоду от 0.71725 до 135.4 млн. лет. Четыре первых члена дают адекватность по коэффициенту корреляции 0.9117.

Таблица 3. Параметры моделей динамики CO_2 по таблице 1
(оставлены вейвлеты, влияющие на будущее)

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i}x^{a_{2i}}\exp(-a_{3i}x^{a_{4i}})\cos(\pi x/(a_{5i}+a_{6i}x^{a_{7i}})-a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	60.55632	0	-6.45586	0.015082	0	0	0	0	0.9117
2	-36952.039	0.10699	0	0	0	0	0	0	
3	724.26924	0	0.0022970	1	-2.05723	8.95357	0.42345	1.86061	
4	-1.63841e-5	3.82535	0.016754	1	68.72143	-0.00052515	1.74205	-5.30026	
7	-2.96456	0.94249	0.0015442	1.25092	34.40915	-0.00024258	1.52617	2.64646	0.5722
8	5.87829e-10	5.45828	0.017889	1.00325	12.77426	-0.00017466	1.23715	-2.29467	0.3596
9	-0.00027576	2.81008	0.0018235	1.31912	78.54118	-34.32422	0.086595	-3.99540	0.5226
14	-1.17614e-6	0	-7.72500	0.14348	135.40251	-0.040947	1.17706	-3.70458	0.4790
15	1.88297e-20	10.14172	0.0081446	1.21424	28.85273	-0.00044622	1.48958	-3.19697	0.4228
16	3.46286e-6	3.58508	0.011732	1.02709	8.78282	0.00050985	1.23406	1.07861	0.4129
18	0.0041894	0	-3.85795	0.13219	0.71725	21.46212	0.072990	0.67394	0.1770
20	18.90238	0.18980	0.0040856	1.01801	18.71522	-0.00056562	1.39928	2.55785	0.3369
23	-0.47298	0.74745	0	0	1.16401	5.47830	0.043099	-0.39777	0.4610
25	-0.063194	0.96452	0	0	8.24966	0.00089163	1.06784	-0.030106	0.2403
37	-2.10675e-15	6.52083	0.00056405	1.17650	6.95384	0	0	0.96884	0.2285
38	-0.00058195	2.10646	0.034997	0.77227	6.30629	0	0	5.19159	0.1046
41	6.19569e-22	10.46297	0.034732	0.97331	5.53951	0	0	4.94164	0.1149
44	-0.00042441	1.54882	0	0	4.97080	0	0	1.31009	0.0683
45	4.85509e-13	5.08028	0	0	10.74833	-0.0041870	0.97982	4.05654	0.0878
51	-0.0068964	1.34318	0.022705	0.66738	3.97027	0	0	1.95035	0.1223

Примечание: курсивом выделены предкритические, а полужирным – критические вейвлеты.

Первые члены, из которых два являются колебаниями с переменными амплитудой и полупериодом, для моделирования в будущее дали коэффициент корреляции 0.9117. При этом модели в будущее дали 75 членов вместо 50, а максимальная относительная погрешность на будущее в полтора раза меньше.

9. Первые закономерности динамики в будущее

Тренд содержит два члена (рис. 9).

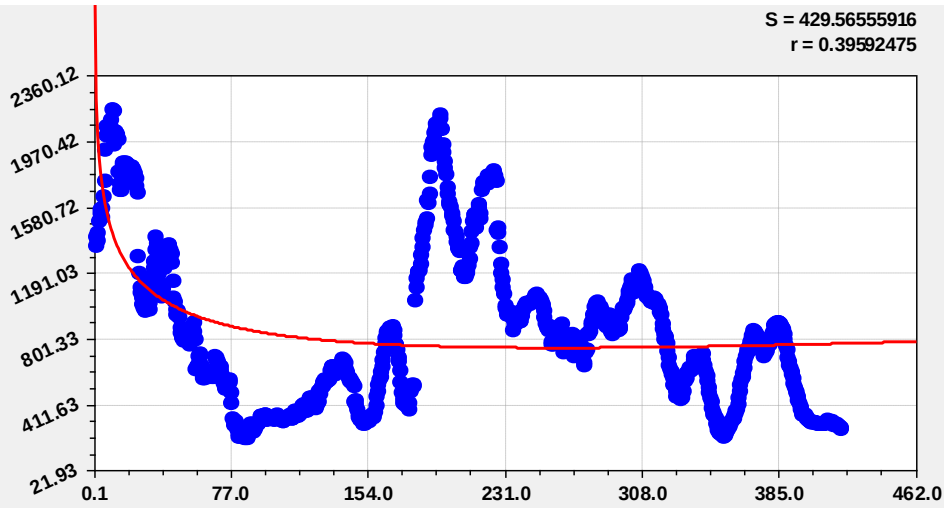
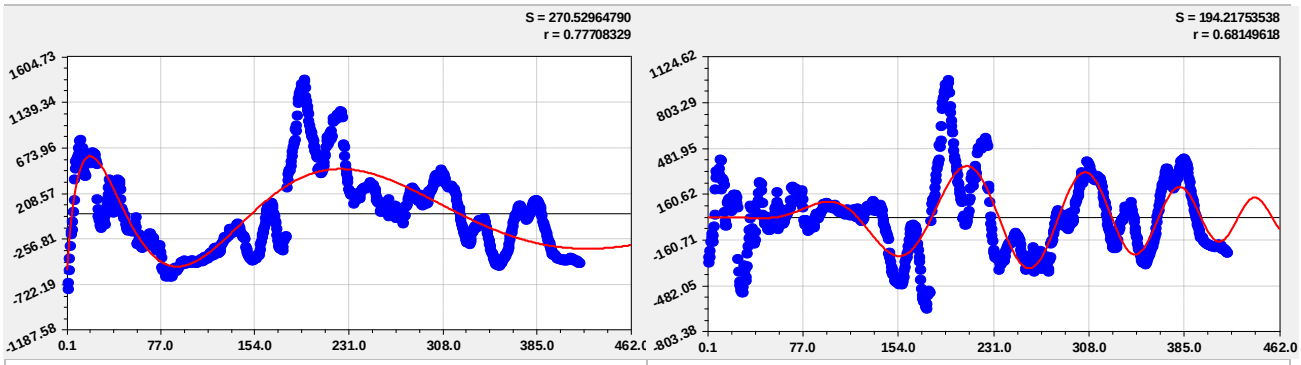


Рисунок 9. График двухчленного тренда динамики максимальной вероятности CO_2

Первый является законом экспоненциального роста и показывает влияние естественных абиотических факторов на увеличение CO_2. Второй член есть закон показательного роста, и характеризует сопротивление росту максимальной вероятности CO_2. Тогда на динамику углекислого газа влияют две силы. Причем вторая сила имеет очень высокую активность влияния и малую

интенсивность роста этого сопротивления. По графику на рисунке 9 равновесие этих двух сил началось примерно 300 млн. лет назад. Тогда получается, что второй член показывает сопротивление содержанию CO_2 со стороны растительности (вначале только океана, а 300 млн. лет назад растений и почвы суши дополнительно).

Первый вейвлет (рис. 10) с коэффициентом корреляции 0.7771 влияет (из-за положительного знака) на увеличение максимума вероятности CO_2.



Третий член (первый вейвлет)	Четвертый член (второй вейвлет)

Рисунок 10. Первые два вейвлета динамики максимальной вероятности CO_2

Однако радует то, что амплитуда снижается по закону Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Пирла-Ципфа (в биологии) и Парето (в эконометрике). При этом полупериод колебания возрастает, то есть частота колебания уменьшается. А сопротивление снижению CO_2 по второму вейвлету с коэффициентом корреляции 0.6815 снижается по амплитуде, имея максимум около 200 млн. лет назад (появились лиственные леса), но при этом колебание учащается при снижающемся полупериоде колебания.

График всех четырех членов вместе показан на рисунке 11.

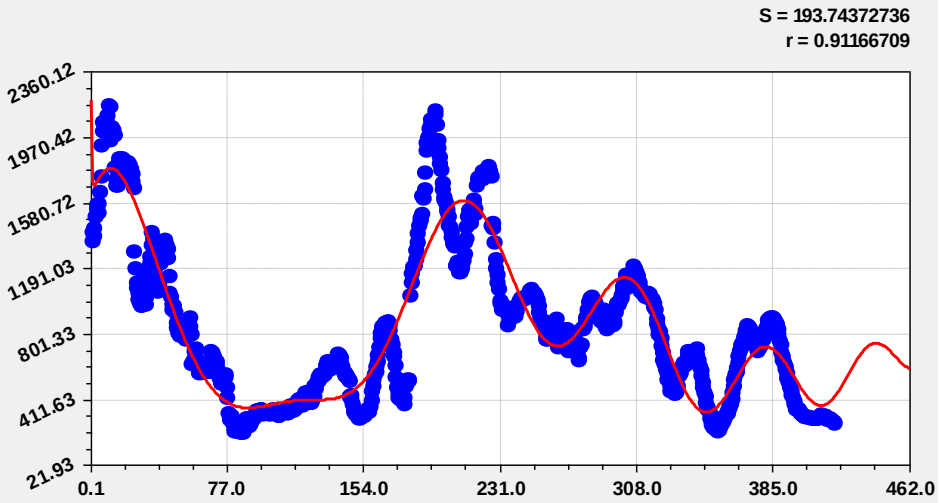


Рисунок 11. График четырех членов в будущее максимальной вероятности CO_2

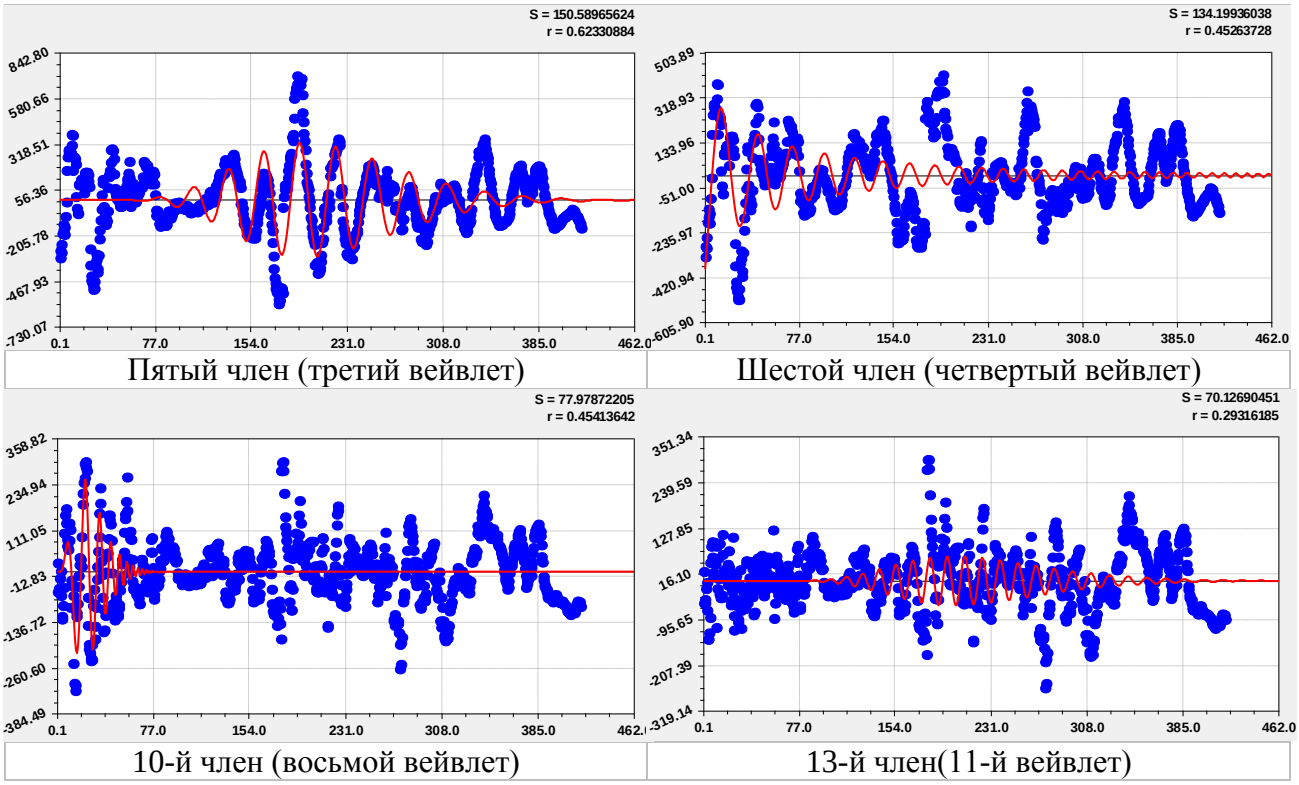
Из графика на рисунке 11 видно, что в настоящее время (конец точечного ряда) наблюдается снижение максимальной вероятности CO_2. Но график по четырем членам показывает, что еще несколько миллионов лет назад начался подъем содержания CO_2.

Эти противоречие должно разрешить остальные 16 членов на будущее.

10. Другие вейвлеты максимальной вероятности CO_2 в будущее

Вначале рассмотрим не влияющие на будущее члены, а затем влияющие нормально, а также предкритические и критические колебания.

10.1. Вейвлеты за 420 млн. лет, не влияющие на прогноз в будущее. Покажем графики четырех наиболее характерных вейвлетов из общего количества 19, которые не влияют на будущее (рис. 12).



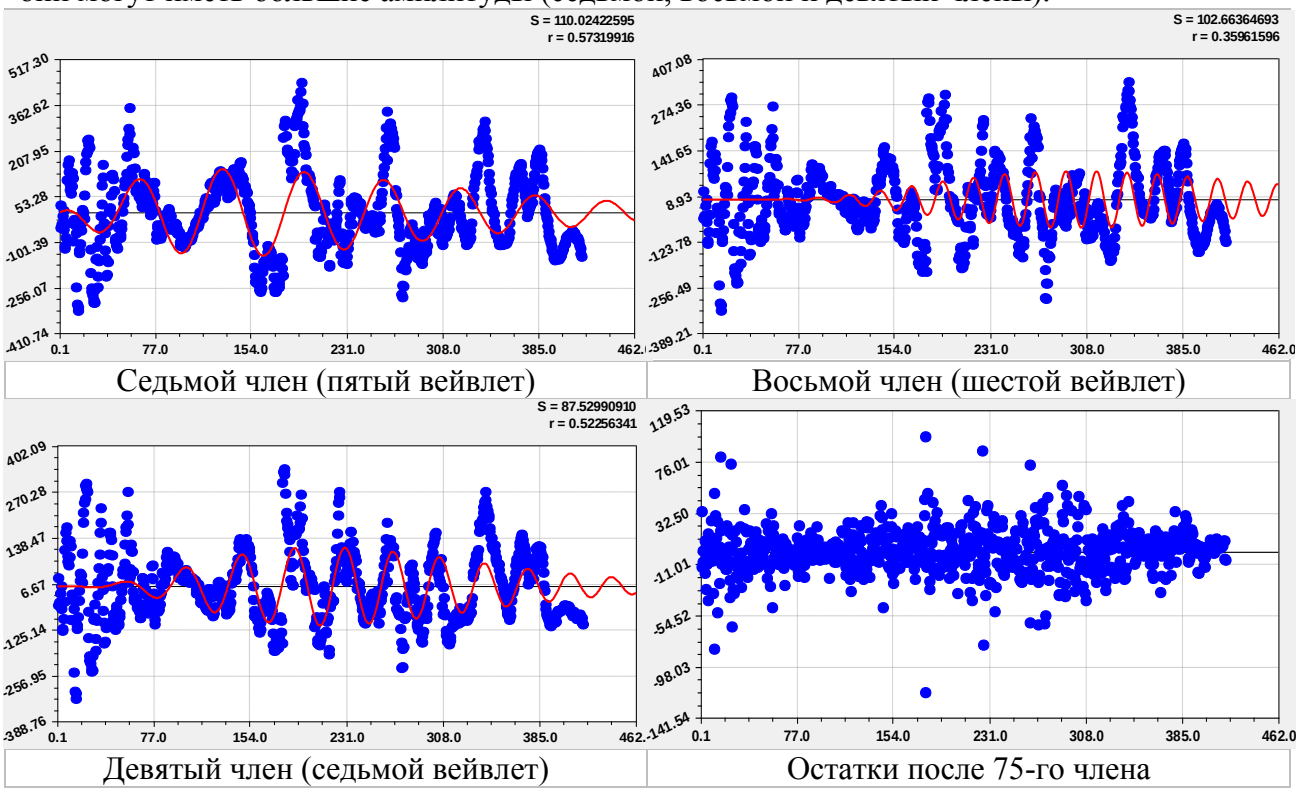
Пятый член (третий вейвлет) | Шестой член (четвертый вейвлет)

10-й член (восьмой вейвлет) | 13-й член(11-й вейвлет)

Рисунок 12. Вейвлеты из основания динамики максимальной вероятности CO_2

Пятый член с коэффициентом корреляции 0.6233 является почти симметричным с максимумом около 220 млн. лет назад. Ныне он не влияет на будущее. Из-за положительного знака на Земле произошла какая-то катастрофа, которая началась 343 млн. лет назад и завершилось примерно 15 млн. лет назад. Шестой член резко уменьшился по амплитуде и сопротивление росту CO_2 угасло. Тремор по 10-му члену произошел от 420 до 350 млн. лет назад. Как показывает 13-й член, в основании прогноза могут быть несколько колебаний (как и пятый член).

10.2. Нормальные вейвлеты в будущее вероятности CO_2. Из 16 вейвлетов, влияющих на будущее в 140 млн. лет на будущее, на рисунке 13 показаны четыре. При этом в основании прогноза они могут иметь большие амплитуды (седьмой, восьмой и девятый члены).



Седьмой член (пятый вейвлет) | Восьмой член (шестой вейвлет)

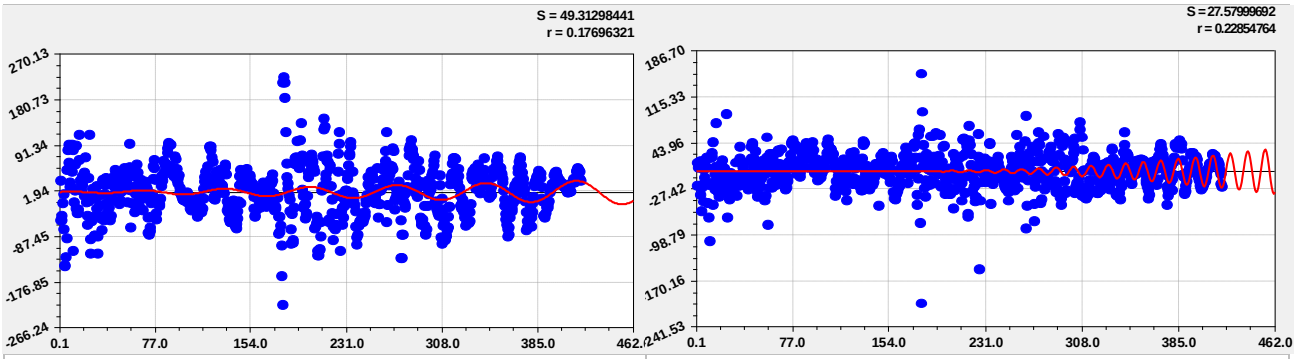
Девятый член (седьмой вейвлет) | Остатки после 75-го члена

Рисунок 13. Нормальные вейвлеты на будущее максимальной вероятности CO_2

Как видно из графиков, все нормальные вейвлеты имеют по времени спокойное продолжение на будущее, при этом амплитуды колебаний в прогнозах возрастают незначительно.

На рисунке 13 показан точечный график остатков после 75-го члена. Условием появления последнего члена является затрудненность в идентификации или же очень малые коэффициенты корреляции.

10.3. Предкритические вейвлеты в будущее. На рисунке 14 даны графики всего двух предкритических вейвлетов. Такими мы назвали колебания, которые относительно горизонта прогноза изменяются относительно мало в сторону увеличения по амплитуде. Но в далеком будущем они могут сильно возрастать.



18-й член (16-й вейвлет)	37-й член (35-й вейвлет)

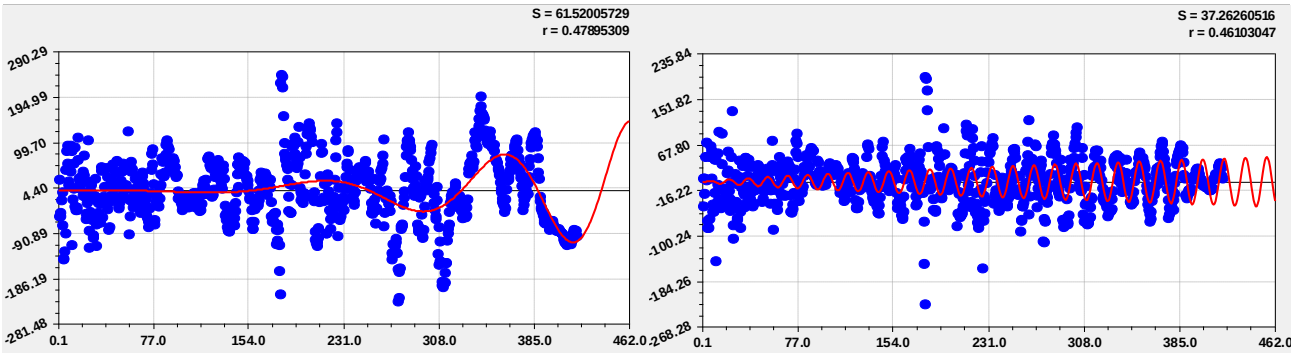
Рисунок 14. Предкритические вейвлеты динамики максимальной вероятности CO_2

Конечно же, выделение подгруппы предкризисных на будущее членов является условным. Результат такого выделения будет известен только после прямых расчетов на горизонт прогноза в программной среде Excel.

Колебание по 18-му члену по закону экспоненциального роста началось гораздо раньше 420 млн. лет назад, но проявилось только около 340 млн. лет назад. Из-за положительного знака он направлен на увеличение максимальной вероятности CO_2, Полупериод 420 млн. лет назад была только 0.71725 млн. лет, а затем он увеличивался, то есть колебательное возмущение успокаивалось.

Следующие 37-й член, наоборот, имеет отрицательный знак и показывает амплитуду по биотехническому закону. Максимум медленного роста намечается в будущем, затем этот вейвлет медленно уйдет со сцены климата. Удивительно то, что этот вейвлет существует с постоянным полупериодом в 6.95384 млн. лет.

10.4. Критические вейвлеты динамики на будущее. Два критические на будущее вейвлета показаны на рисунке 7. Их в динамическом ряду по данным таблицы 1 оказалось также мало (всего 2.67%).



14-й член (12-й вейвлет)	23-й член (21-й вейвлет)

Рисунок 15. Критические в будущем вейвлеты максимальной вероятности CO_2

Отрицательный знак перед 14-м членом показывает, что примерно 280 млн. лет назад возникло возмущение с амплитудой по экспоненциальному закону роста и с учащающейся частотой колебания, начиная с полупериода в 135.4 млн. лет 420 млн. лет назад. По-видимому, это влияние растительности на суше. Этот вейвлет является бесконечномерным, то есть он был и до 420 млн. лет назад, однако его влияние по амплитуде до 280 млн. лет назад был очень незначительным. А 23-й

член начался именно 420 млн. лет назад по конечномерному вейвлету в виде показательного закона изменения амплитуды. Эта волна также имеет отрицательный знак и оказывает сопротивление росту CO_2. По-видимому, это влияние водной растительности, постепенно переходящей на сушу по 14 члену.

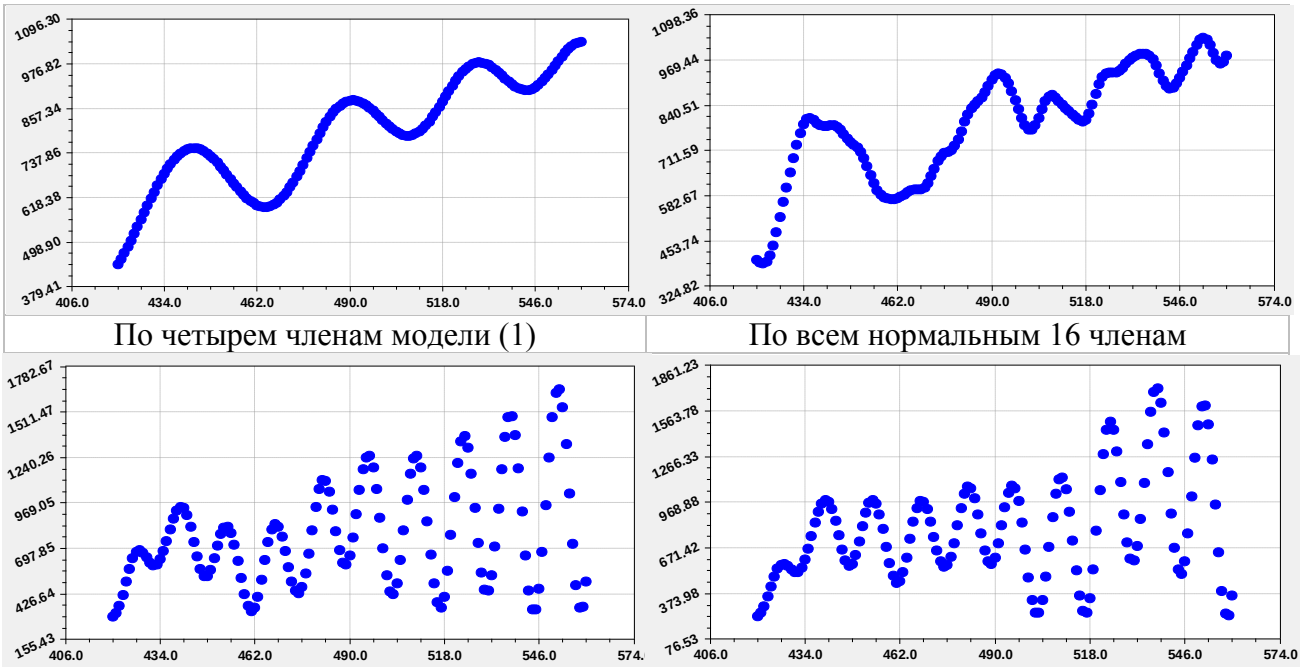
11. Прогнозы на будущее максимальной вероятности CO_2

Прямыми расчетами в Excel на рисунке 16 получены графики прогнозов.

Прогноз по первым четырем членам модели (1) на 140 млн. лет вперед в будущее показывает непрерывный рост максимальной вероятности CO_2 с уменьшающейся амплитудой колебательного возмущения.

По 16 членам образуется ломанная линия до горизонта прогноза. Однако в начале ряда в первые три миллиона лет заметно снижение максимальной вероятности CO_2, что не соответствует реальной динамике неуклонного роста CO_2.

Предкритические вейвлеты уже дали квантовую запутанность, начиная примерно от 20 млн. лет в будущем. До этого момента времени за 20 млн. лет будет наблюдаться неуклонный рост максимальной вероятности CO_2. В настоящее время расчетный показатель равен 291.04 p.p.m. при фактическом значении по таблице 1 значение в 276.01 p.p.m. Относительная погрешность будет равна 100 (276.01 – 291.04) / 276.01 = -5.45%. Через 20 млн. лет максимальная вероятность CO_2 будет равна 944.62 p.p.m., то есть увеличение ожидается в 3.25 раза.



По четырем членам модели (1) | По всем нормальным 16 членам

Нормальные и предкритические 18 членов | Все 20 членов по таблице 3

Рисунок 16. Прогнозы на 140 млн. лет в будущее максимальной вероятности CO_2

Еще больший размах общего колебания наблюдается с учетом всех 20 членов модели (1) с параметрами по таблице 3. Здесь также квантовая определенность наблюдается только в течение первых 20 млн. лет в будущее. При этом в настоящее время по расчетам получается 225.25 p.p.m. при фактическом по таблице 1 значении 276.01 p.p.m. Относительная погрешность возрастает до 100 (276.01 – 225.25) / 276.01 = 18.39%. Через 20 млн. лет ожидается увеличение до 983.91 p.p.m., то есть рост произойдет в 4.37 раза.

Сравнение показывает, что прогнозирование нужно выполнять до появления квантовой запутанности, причем в нашем примере при учете 18 членов без критических вейвлетов через 20 млн. лет в будущем. В сравнении с данными таблицы 1, когда относительная погрешность после 75-го члена модели (1) была равной -2.72%, для расчетов по 18 членам этот статистический показатель стал равным -5.45%. Для снижения погрешности расчетов вычисления нужно выполнять по всем членам при учтете всех знаков у параметров модели после программной среды CurveExpert-1.40.

12. Заключение

Мы различаем два вида квантов поведения:

во-первых, в динамике каждый фактор расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн (солитонов) и этот процесс характеризуется как ***квантовая распутанность***;

во-вторых, при прогнозировании фактора после некоторого значения горизонта прогноза получается ***квантовую запутанность***.

Таким образом, любое явление или процесс можно оценивать по уровню адекватности (коэффициенту корреляции) разложения процесса динамики на квантовую распутанность в основании прогноза и квантовую запутанность в прогнозах на некоторое значение горизонта прогноза. Концепция колебательной адаптации в природе предполагает, что в динамике в прошлое и будущее максимальной вероятности CO_2 существуют зависимости в виде волновых уравнений.

В динамике каждый фактор (в данной статье максимальная вероятность содержания CO_2 за 420 миллионов лет [9]) расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн (солитонов) и этот процесс характеризуется как ***квантовая распутанность (определенность).*** Причем каждый вейвлет является отдельным квантом поведения. По времени они относятся к бесконечномерным или конечномерным вейвлетам (солитонам, уединенным волнам). Прогнозирование с увеличением горизонта прогноза (при постоянстве основания прогноза) дает переход от определенности к квантовой запутанности. Это происходит из-за наличия в конце основания прогноза так называемых недозрелых вейвлетов, резко повышающих свою амплитуду с продолжением времени в будущее. Корме этого, в будущем появляются новые ве6ивлеты из-за соблюдения принципа колебательной адаптации.

Квантовая запутанность в динамике определяется на границе основания прогноза, после которой общая закономерность, состоящая из множества вейвлетов, дает график в виде расширяющейся волны с верхней и нижней границами. Эти границы и определяют квантовую запутанность. Прогнозы возможны до этой границы, а далее неопределенность возрастает. Для прогнозов в прошлое (ретро прогноз) был получен промежуток времени на 40 млн. лет от 420 до 460 млн. лет назад, а для прогнозов на перспективу определился расчетный горизонт прогноза от настоящего времени до 20 млн. лет на будущее. При этом в обоих направлениях времени вначале был установлен горизонт прогноза в 140 млн. лет.

При этом прогноз на будущее оказался точнее и с большим количеством членов общей модели (75 вейвлетов вместо 50). Время в будущее отчитывается 420 млн. лет назад и принимает значение на этот момент, равный 0 (табл. 1). Это позволяет создать положительную ось абсцисс.

Всего от прошлого в будущее было получено 75 составляющих общей модели. При этом максимальная относительная погрешность равна 22.49%. По интервалам относительной погрешность 841 значения без учета знака из таблицы 1 распределилось так: 0-1% – 351 шт.; 1-2% – 199; 2-3% – 135; 3-5% – 100; 5-10% – 43; 10-20% – 2; более 20% – 1 шт. От 0 до ± 5 % относительной погрешности расположились всего 795 из 841 или 94.53% точек. В основании прогноза разместились 55 членов, а 20 членов или 26.7% влияют на будущее.

Библиографическая список:

1. Мазуркин П.М. Вейвлеты динамики среднегодовой температуры Запада США. www.doi.org: 2016. 13 с. Doi 10.18411/d-2016-165.

2. Мазуркин П.М. Вейвлет анализ графика Киллинга содержания CO_2 в атмосфере. www.doi.org: 2016. 12 с. Doi 10.18411/d-2016-166.

3. Мазуркин П.М. Вейвлеты среднегодового темпа роста CO_2 для Мауна Лоа Гавайи. www.doi.org: 2016. 14 с. Doi 10.18411/d-2016-167.

4. Мазуркин П.М. Вейвлеты среднегодового содержания CO_2 для Мауна Лоа Гавайи. www.doi.org: 2016. 14 с. Doi 10.18411/d-2016-168.

5. Мазуркин П.М. Вейвлеты помесячного содержания CO_2 для Мауна Лоа Гавайи. www.doi.org: 2016. 18 с. Doi 10.18411/d-2016-169.

6. Мазуркин П.М. Волновые закономерности глобальной динамики углерода (по данным global_carbon_budget_2017v1.3.xlsx) // American Scientific Journal № (23) / 2018. С.50-62.

7. Мазуркин П.М. Экологические способы оценки качества среды по флюктуирующей астимметрии листьев березы // Научное обозрение. Биологические науки. 2018. №5. С. 15-21. URL: https://science-biology.ru/ru/article/view?Id=1118 (дата обращения: 24.01.2019).

8. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Факторный анализ глобальной динамики углерода (по данным global_carbon_budget_2017v1.3.xlsx) // American Scientific Journal № (23) / 2018. С.35-50.

9. G.L. Foster, D.L. Royer, D.J. Lunt. Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years // 2017. Nature communications | 8:14845 | DOI: 10.1038/ncomms14845 |www.nature.com/naturecommunications.

10. 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

11. P.M. Mazurkin. Wave patterns of annual global carbon dynamics (according to information Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx). Materials of the International Conferen ce “Research transfer” - Reports in English (part 2). November 28, 2018. Beijing, PRC. P.164-191.

12. 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.

13. P.M. Mazurkin, A.I. Kudrjashova. Factor analysis of annual global carbon dynamics (according to Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx). Materials of the International Conference “Research transfer” - Reports in English (part 2). November 28, 2018. Beijing, PRC. P.192-224.

14. M. Мденрдд. Impacts of temperature and ozone on carbon retention processes of birch and aspen // Publications of the University of Eastern Finland. *Dissertations in Forestry and Natural Sciences.* Finland, Joensuu, on June, 08, 2012, 54 p.

15. Mapping tree density at a global scale / T. W. Crowther, et. al. *Nature* 525, 201–205 (2015); doi:10.1038/nature14967. 13 p.

16. Tree rings reveal globally coherent signature of cosmogenic radiocarbon events in 774 and 993 CE / U. Büntgen, et al. NATURE COMMUNICATIONS | (2018) 9:3605 | DOI: 10.1038/s41467-018-06036-0 | www.nature.com/naturecommunications. 7 p.

Мазуркин Петр Матвеевич
Докт. техн. наук, проф., Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, E-mail: kaf_po@mail.ru

Mazurkin Petr Matveevich
Doc. tech. Sciences, Prof., Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia, E-mail: kaf_po@mail.ru

УДК 551.51

ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ГОДИЧНОЙ ДИНАМИКИ МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С 1878 ПО 2017 ГОДЫ И ПРОГНОЗ ПО ДАННЫМ HADLEY CENTRE CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)

WAVELET ANALYSIS OF ANNUAL DYNAMICS OF MAXIMUM TEMPERATURE FROM 1878 TO 2017 AND FORECAST DATA HADLEY CENTER CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)

Аннотация. Методом идентификации устойчивых закономерностей проведен вейвлет анализ динамики максимальной годичной температуры Центральной Англии по данным HadCET. Динамический ряд разложен на 57 вейвлетов с максимальной относительной погрешностью 0.42%. В основании прогноза из 57 членов модели разместились 15 члена, а 42 члена или 73.68% влияют на будущее. Прогноз Валентины Жарковой о малом ледниковом периоде подтверждается, и он начнется с 2032 года и продолжится до 2046 года. Причем нелинейный двухчленный тренд показывает влияние двух сил: по первому члену происходит глобальное похолодание (влияние космоса на земную атмосферу), а по второму – глобальное потепление (влияние Земли и человечества). Негативным для третьего и четвертого членов является то, что периоды этих колебаний снижаются, начиная от 632.5 лет и 14.6 лет на 1878 год до 32 и 5.5 лет на 2017 год. А к 2032 третий член достигает полупериода в 1.4 года. С 1879 года происходит сильное учащение колебаний, когда периоды уменьшились в 19.8 и 10.4 раза. Увеличение частоты указывает на потерю устойчивости климата за 140 лет. В прогнозах этап с 2018 по 2031 год характеризуется дальнейшим потеплением от 13.13 до 15.92 ^{0}С. С учетом занижения в моделях к 2031 году максимальная температура воздуха может достичь на 10% больше и составить 17.51 ^{0}С. На этапе с 2031 по 2046 годы будет похолодание от 15.92 до 10.25 ^{0}С. Снижение температуры воздуха произойдет на 55.32%. Однако с 2046 по 2051 годы ожидается потепление с 10.25 до 13.30 ^{0}С. Но затем с 2051 по 2066 произойдет тепловой удар с ускоренным ростом максимальной температуры воздуха до 38.36 ^{0}С в 2061 году и затем резким спадом до 3.21 ^{0}С в 2066 году. С 2061 по 2074 год – это вероятное глобальное похолодание от 38.36 до -120.38 ^{0}С. Это глобальное похолодание до 2080 года сменится быстрым подъемом температуры до 100.25 ^{0}С. С этого момента времени океаны начнут закипать и к 2088 году температура станет как на планете Венера, достигая максимума в 795 ^{0}С. Земля станет безжизненной.

Abstract. Using the method of identifying stable regularities, wavelet analysis of the maximum annual temperature of central England was carried out according to HadCET data. The dynamic range is decomposed into 57 wavelets with a maximum relative error of 0.42%. At the base of the forecast, of the 57 members of the model, 15 members were placed, and 42 members or 73.68% affect the future. The forecast of Valentina Zharkova about the small ice age is confirmed, and it will start from 2032 and continue until 2046. Moreover, the non-linear two-term trend shows the influence of two forces: global cooling (the influence of space on the earth's atmosphere) occurs on the first term, and global warming (the influence of the Earth and humanity) on the second. Negative for the third and fourth members is that the periods of these fluctuations are reduced, ranging from 632.5 years and 14.6 years for 1878 to 32 and 5.5 years for 2017. And by 2032 the third term reaches a half period of 1.4 years. Since 1879, there has been a strong increase in fluctuations, when periods have decreased by 19.8 and 10.4 times. An increase in frequency indicates a loss of climate resilience over 140 years. In forecasts, the stage from 2018 to 2031 is characterized by a further warming from 13.13 to 15.92 0C. Taking into account the understatement in models, by 2031 the maximum air temperature can reach 10% more and amount to 17.51 0C. At the stage from 2031 to 2046 there will be a

cooling from 15.92 to 10.25 0C. Decrease in air temperature will occur at 55.32%. However, from 2046 to 2051, warming is expected from 10.25 to 13.30 0C. But then, from 2051 to 2066, a thermal shock will occur with an accelerated increase in the maximum air temperature to 38.36 ° C in 2061 and then a sharp drop to 3.21 ° C in 2066. From 2061 to 2074, this is a likely global cooling from 38.36 to -120.38 0C. This global cooling to 2080 will be replaced by a rapid rise in temperature to 100.25 ° C. From this point in time, the oceans will begin to boil, and by 2088 the temperature will be like on the planet Venus, reaching a maximum of 795 0C. The Earth will become lifeless.

Ключевые слова: Центральная Англия, максимальная годичная температура, динамика с 1879 по 2017 годы, вейвлет анализ, кванты поведения.

Keywords: Central England, the maximum annual temperature, the dynamics from 1879 to 2017, wavelet analysis, quanta of behavior.

1. Введение

Беспрецедентная интенсификация экстремальных погодных условий мотивирует исследования для понимания долгосрочных климатических изменений [33]. Но при этом используется усредненная амплитуда за 10 лет. Поэтому во многих исследованиях применяются преобразованные ряды измерений. Математические методы ограничиваются только линейными трендами и усреднением.

Например, в статье [31] показана динамика температуры воздуха на поверхности суши в мире с 1880 года, дана так называемая «линейная объективная оценка». С позиций квантовой запутанности [9-12] в статье [31] «был проведен новый анализ среднегодовой глобальной температуры воздуха на поверхности Земли с 1880 года, который имеет больший охват и меньшую неопределенность, чем предыдущие распределения». Однако мы считаем, что глобальные показатели также являются сгруппированными данными, поэтому необходимо принять вначале только точечные измерения, нами приняты первичные измерения наибольших рядов по Центральной Англии (ssn_HadCET_max.txt).

Другим методологическим недостатком, например, статьи [14], является включение примитивных линейных моделей в более сложные модели атмосферной циркуляции. Причем атмосферная динамика, приводящая к западноевропейским летним жарким температурам с 1851 года, как утверждается в этой же статье, модели атмосферной циркуляции, приводящие к наиболее интенсивным тепловым событиям, изменились за последнее столетие. Еще одним недостатком этой статьи температуры снижаются путем удаления линейного тренда, рассчитанного из временного ряда летних сезонных средств. Целью детрендинга является устранение эффекта хорошо задокументированного повышения температуры в Европе, которое не зависит от погодных условий.

Тогда получается, что истинная картина динамики хорошо известного показателя скрывается за математическими ухищрениями дисперсионного анализа.

Аналогичный прием «после удаления всех глобальных средних сигналов» с помощью различных фильтров использован в статье [27]. Достоинством статьи становится то, что начинается понимание квантовой запутанности в самом динамическом ряду: «Здесь мы исследуем влияние модельных и наблюдательных неопределенностей на нашу способность идентифицировать антропогенный отпечаток в спутниковых измерениях стратосферного и тропосферного изменения температуры» [27].

Сравнение изменчивости температуры поверхностного воздуха в трех связанных интеграциях модели "океан-атмосфера" за 1000 лет [29] выполнено по линейным тенденциям. При этом изменения температуры поверхности являются самым длинным и надежным наблюдательным показателем. Запись наблюдений содержит как “сигналы”, то есть вынужденные изменения в климатической системе, так и шум, который является невозмущенной внутренней изменчивостью связанной системы океан–атмосфера–поверхность суши. Для вычисления эволюции времени вычитание линейного тренда исказило бы изменчивость паттерна. Для сравнения были использованы неизмененные наблюдения [29]. Таким образом, постепенно приходит понимание неизменности динамических рядов.

Временные ряды глобальной или региональной температуры поверхностного воздуха имеют основополагающее значение для исследований изменения климата [20]. Новые временные ряды также показывают замедление тенденции потепления в Китае в течение последних 18 лет (1998-2015 годы). Высококачественные климатические наборы данных являются основой для обнаружения и атрибуции климатических изменений [20]. Поэтому эти ряды должны рассматриваться без их всяких

преобразований.

Усреднения и другие виды группировки, конечно же, необходимы, но они должны выполняться после выполнения вейвлет анализа неизменных динамических рядов. Например, средняя температура в Новой Зеландии [15] увеличилась со скоростью 0,95 ^{0}C за столетие, а это означает, что средняя температура в 2016 году была на 1 ^{0}C теплее, чем в 1909 году. Среднемировая температура суши выросла на 0,9-1,1 ^{0}C за тот же период времени. Эти тенденции оценивались с использованием линейной регрессии на уровне 95%. С 1909 г. самым теплым годом Новой Зеландии был 2016 г. За этот период среднегодовая температура составила 12,3 ^{0}C. За последние 20 лет было пять самых теплых лет: 1998, 1999, 2005, 2013 и 2016. В эти годы среднегодовые температуры превышали 13,1 ^{0}C [15]. Это эвристическое описание допустимо, но никак не дает закономерности.

Причины принятие линейных трендов понятны. Главной является простота выявления линейных формул. Например, по данным [16], во всем мире усредненная обратная связь по динамике атмосферы является положительной и усиливает реакцию на температуру вблизи поверхности на изменение климата в среднем на 8% при моделировании со связанными моделями. Ограничение, связанное с бюджетом атмосферной массы, приводит к тому, что обратная связь динамики на больших масштабах невелика по отношению к обратным связям, связанным с термодинамическими процессами. Идеализированные модели воздействия показывают, что изменения циркуляции в высоких широтах потенциально более эффективны при влиянии на глобальную температуру, чем изменения циркуляции в низких широтах, и они обсуждаются последствия для прошлого и будущего изменения климата [16].

Месячные и годовые перепады температур и их изменения были рассмотрены [17] на тибетском плато и его окрестностях в 1963-2015 гг. Экстремальные погодные и климатические явления, из которых экстремальные температуры являются одним из наиболее часто изучаемых из-за длины ряда температур, а прогнозы температуры, как правило, более устойчивы. Наблюдаемые максимумы суточной температуры и минимумы на метеостанциях были получены из центра климатических данных китая (http://cdc.cma.gov.cn/home.do). Годовые значения рассчитываются так же, как и месячные. Также применяют только линейные тренды [17]. Главной методической ошибкой выделения экстремальных значений показателя является отсутствие даты измерения с указанием часов. В итоге не удается моделировать периоды колебаний максимумов и минимумов. Получается, что экстремальные значения относятся ко всему году, что явно неверно. Такой же недостаток имеют и ряды hadcet.

В статье [32] подытоживается, что основной темой W2W является прогнозируемость и прогноз погоды. В настоящее время научными темами W2W являются "рост ошибок", "неопределенности облачного масштаба" и "предсказуемость местной погоды". Он включает в себя теоретические исследования, численное моделирование и исследования процессов, основанные частично на передовых статистических методах. Цель W2W состоит в том, чтобы определить пределы предсказуемости погоды и подготовить наилучшие прогнозы, которые физически возможны. В центре внимания W2W находятся наиболее важные причины сохраняющихся неопределенностей (читай – квантовых [9-12]) в прогнозировании погоды [32].

Сложная модель, которая нами выявляется как система факторным анализом [9-12, 13, 24] приведена в статье [28],

По ней энергетический баланс учитывает влияние температуры воздуха, солнечной радиации, относительной влажности, облачности и скорости ветра на чистую скорость теплообмена через поверхность воды, а также теплопроводность между водой и руслом реки. Показано, что воздействие потока на солнечную радиацию варьируется от 30 до 100%, а воздействие ветра от 10 до 30% в зависимости от характера потока. Значения связаны с шириной потока и сезоном из-за изменчивого листового покрова деревьев на потоках. После калибровки точность почасовых и суточных прогнозов температуры воды в течение нескольких недель составляет порядка 0,2-1 °C.

В статье [28] также показано, что солнечное (коротковолновое) излучение является наиболее важным компонентом теплового потока по поверхности воды, но ни один из других компонентов, т. е. длинноволновое излучение, испарение и конвекция в атмосферу, не являются незначительными. Проводящий теплообмен между руслом и водой является важным компонентом теплового баланса на мелководье. Факторный анализ мы покажем в отдельной статье между максимальными, минимальными и среднегодовыми температурами Центральной Англии.

В заключении о влиянии температуры укажем, что возможно рассмотрение и городского климата в отдельности. Например, по данным [19], интенсивность острова тепла города Москвы, характеризуемая данными приземных наблюдений, усилилась в последние 15 лет, причем несмотря на паузу в глобальном потеплении. Обнаружено, что по вертикали острова прослеживаются до высоты 2 км. В летнее время нижняя часть острова тепла представляет собой остров сухости, в то время как верхняя часть острова тепла соответствует острову влажности. Зимой в нижней части острова тепла выделяется остров влажности [19].

Эволюция климата Земли на геологические сроки в значительной степени обусловлена вариациями суммарной солнечной радиации и изменениями в содержании парниковых газов в атмосфере.

Расширение наземных растений вместе с океаном позволило обеспечить долговременную обитаемость на планете. Человечество использует ископаемые виды топлива, к середине XXI века значения CO_2 будет одинаков с ранним Эоценом (50 млн лет назад). Если концентрация CO_2 продолжит расти и в XXIII веке, земля будет реагировать как за полтора миллиарда лет [18].

Нами было показано, что по флюктуирующей асимметрии листьев березы возможна оценка влияния загрязнений воздуха [8] за вегетационный период.

Понимание реакции растений на факторы окружающей среды необходимо для прогнозирования изменений темпов поглощения углерода в лесах при различных условиях окружающей среды. В Финляндии имеется представление о реакции молодых лиственных деревьев на повышение температуры воздуха во взаимодействии с тропосферным озоном. Эти знания повышают шансы на разработку моделей для включения параметров, которые описывают лесную систему в изменяющихся климатических условиях [25].

Поэтому можно утверждать, что будущее сдерживания количества CO_2 находится в увеличении площади, прежде всего, лесов [26, 30].

Динамику температуры по годам [2] можно описать множеством асимметричных вейвлетов (множеством квантов поведения) вплоть до ошибки измерений. Аналогично хорошо квантуется содержание CO_2 в атмосферном воздухе по среднегодовым и среднемесячным данным [3-6]. По вейвлетам универсальной конструкции изменяется динамика углерода в Европе [7, 13 23, 24].

Таким образом, любое явление или процесс можно оценивать по уровню адекватности (коэффициенту корреляции) разложения функциональной связности климата на квантовую распутанность (определенность), а отношения между параметрами климата дадут квантовую запутанность. Причем при прогнозировании на горизонт прогноза, равный трети основании прогноза [1], из множества вейвлетов появляются колебания, которые из-за резко повышающейся амплитуды дают квантовую запутанность.

В данной статье различаются кванты поведения первого вида: в динамике каждый фактор (в данной статье максимальная годовая температура с 1878 по 2017 годы) расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн (солитонов) и этот процесс характеризуется как ***квантовая распутанность (определенность).*** Причем каждый вейвлет является отдельным квантом поведения. По времени они относятся к бесконечномерным или конечномерным вейвлетам (солитонам, уединенным волнам). Прогнозирование с увеличением горизонта прогноза (при постоянстве основания прогноза) дает переход от определенности к квантовой запутанности.

Это мы покажем при прогнозе максимальной годовой температуры в будущее от 2018 по 2088 годы (70 лет) от основания прогноза в 2017 – 1878 = 140 лет.

Как вейвлет, любой квант поведения во времени можно отнести к двум группам: 1) происшедшие в основании прогноза до момента времени прерывания измерений, которые не влияют на прогнозируемое будущее; 2) переходящие на будущее время, и они влияют на будущее поведение объекта исследования.

Вторая группа вейвлетов образует набор уравнений ***прогнозной модели***. Расчеты по ним, по мере роста горизонта прогноза дают высокую ***критическую квантовую запутанность*** из-за резкого роста амплитуды у некоторых колебаний. Исключив эти критические вейвлеты, получаем прогнозную модель ***умеренной квантовой запутанности***. Далее исключая из списка вейвлетов предкритические уравнения, дающие плавный незначительный рост в будущем амплитуды колебаний, получаем нормальную прогнозную модель с ***низкой квантовой запутанностью.***

При таком подходе в таблице параметров модели можно исключить те вейвлеты, которые характерны для времени в основании прогноза и произошли от начала до конца основания прогноза. А оставшиеся уравнения в дальнейшем будем разделять на три группы: ***нормальную*** (без учета предкритических и критических вейвлетов)***, предкритическую*** (без учета критических вейвлетов) ***и критическую*** (все переходящие на будущее вейвлеты) ***прогнозные модели***.

2. Исходные данные

Данные приведены в таблице 1 (ssn_HadCET_max.txt).

Всего было получено методом идентификации [21] 57 составляющих общей модели (1). Остатки в таблице 1 вычислены как разность между фактическими и расчетными данными. Тогда относительная погрешность после последнего 57-го члена равна $\Delta = 100\varepsilon_{57}/t$. Максимальная относительная погрешность общей модели по данным таблицы 1 будет равна -0.42%. При этом максимальная абсолютная погрешность меньше $\pm 0.05\ ^0$C.

Таблица 1. Максимальная годовая температура (по данным HadCET)

№ п/п	Год	Время τ, лет	t, ^{0}C	Остатки ε_{57}	Относительная погрешность Δ, %
1	1879	1	10.52	0.0175031	0.17
2	1880	2	12.54	-0.023438	-0.19
3	1881	3	12.12	-0.051185	**-0.42**
4	1882	4	12.99	-0.0020348	-0.02
5	1883	5	12.70	-0.0258254	-0.20
…		…	…	…	…
135	2013	135	13.29	0.0351728	0.26
136	2014	136	14.75	-0.0131567	-0.09
137	2015	137	14.17	-0.00795836	-0.06
138	2016	138	14.18	-0.00402374	-0.03
139	2017	139	14.30	-0.00292021	-0.02

По интервалам относительной погрешность общее количество 139 значений без учета знака из таблицы 1 распределилось следующим образом: 0-0.1% – 63 шт.; 0.1-0.2% – 37; 0.2-0.3% – 28; 0.3-0.4% – 10; более 0.4% – 1 шт. Таким образом, в пределах от 0 до ± 0.5 % относительной погрешности расположились все 139 или 100% значений максимальных годовых температур.

3. Вейвлет анализ

Любой динамический ряд нами понимается как череда сигналов. Время $\tau = 0$ принимается с начала отсчета времени основания прогноза с 1878 года. Тогда получаем положительную ось абсцисс.

Вейвлет сигнал, как правило, любой природы (объекта исследования) математически записывается волновой формулой [21] вида

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

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (1), m – количество членов в модели (1), в нашем случае равен 57, x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \ldots a_8$ – параметры модели, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40 (URL: http://www.curveexpert.net/), A_i – амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

По формуле (1) 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 вейвлет-сигнала позволяет абстрагироваться от физического смысла многих статистических рядов измерений и рассматривать их аддитивное разложение на составляющие в виде суммы отдельных вейвлетов.

Сигнал – это материальный носитель информации. А информация нами понимается как ***мера взаимодействия***. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен. Сигналом может быть любой физический процесс или его часть. Получается, что изменение множества неизвестных

сигналов давно известно, например, через ряды метеорологических измерений. Однако до сих пор нет статистических моделей как динамики параметров погоды на метеостанции.

На информационно-технологическом уровне 23-я проблема Гильберта (развитие методов вариационного исчисления) нами была решена [21].

При этом ***вариация функций*** сводится к осознанному отбору устойчивых законов и конструированию на их основе адекватных устойчивых закономерностей. Мы придерживаемся концепции Декарта о необходимости применения алгебраического уравнения общего вида (1) напрямую как конечного математического решения неизвестных дифференциальных или интегральных уравнений.

4. Закономерности динамики максимальной температуры воздуха

Год показывает один цикл обращения Земли вокруг Солнца. Но максимальные или минимальные значения температуры приземного слоя атмосферы должны указываться конкретным моментом времени (год, месяц и число, часы и минуты). Это позволило бы намного точнее идентифицировать уравнения максимумов температуры воздуха по неоднородности периода колебания. В каждом году летом происходит сдвиг максимальной температуры.

В основании прогноза из 57 членов общей модели (1) разместились 15 члена, а 42 члена или 73.68% влияют на будущее (табл. 2).

Из 42 учитываемых в прогнозах до 2088 года вейвлетов 35 относятся к нормальным (из них первые четыре члена получены по вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1.40) закономерностям. Предкритическими становятся два члена, а к критическим колебаниям относятся пять вейвлетов. Эти семь членов могут создать квантовую запутанность и тем самым сократить горизонт прогноза. После 2088 года прогнозные значения температуры получают аномально высокие значения. Поэтому с 2051 года, из-за аномального поведения третьего члена, начинается квантовая запутанность. Прогноз [34] в пределах 2030-2040 о том, что произойдет снижение температуры воздуха подтверждается. Этот период начнется с 2032 года и продолжится до 2046 года.

Отрицательный знак перед составляющей модели показывает, что она является кризисной для повышения значений максимальной температуры приземного слоя воздуха. Всего таких членов 12 (табл. 2). Остальные 30 членов имеют положительный знак и это указывает на стремление повысить значения максимальной температуры в данной точке Земли.

Первые два члена образуют тренд, который является частным случаем вейвлета при многократном превышении полупериода колебания основания прогноза. В динамическом ряду, вне зависимости от его длины, всегда появляется тренд, как малый отрезок колебания с намного более длинным периодом колебания. В итоге тренд становится незавершенной волной.

Первый член из таблицы 2 двухчленного тренда является модифицированным нами [21] законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа-Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). Модернизация заключается в ведении третьего параметра модели 1.07413, который в известных законах равен 1. Он показывает интенсивность экспоненциального снижения со временем максимальной температуры воздуха в Центральной Англии.

Таблица 2. Параметры моделей динамики максимальной температуры
(оставлены вейвлеты, влияющие на будущее)

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	2.71559	0	0.035513	1.07413	0	0	0	0	0.7023
2	7.73307	0.12096	0	0	0	0	0	0	
3	0.54651	0	2.93024e-5	1.88045	316.24348	-2.01841	1.00254	-6.26821	
4	3.14912	0	0.85428	0.30062	7.30734	-0.0024517	1.33791	1.99219	
5	0.1427	0	0.0056849	1	22.53390	0.0085751	1	1.76368	0.1304
6	0.067941	0	-0.00011684	1.87805	1.97673	0.00029667	1.02498	-1.09258	0.1636
7	-0.098983	0	-0.38203	0.16316	2.63285	0.00082132	1.06945	3.45019	0.2811
8	0.012214	0	-0.027357	1	1.37362	-7.20491e-8	1	3.06997	0.2807
9	0.087155	0	-0.42135	0.19509	3.82333	0	0	5.88058	0.3314
10	0.20345	0	0.0051672	1	1.26504	0	0	-0.42364	0.2302
11	3.65673	0	2.76627	0.080315	5.27453	0.024985	0.55837	1.41723	0.1441
12	0.017614	0	-1.39363	0.10513	7.68937	-0.0089827	0.70595	-3.23896	0.2426
13	0.092843	0	-0.00014355	1.58645	10.09960	-0.00046679	1.38030	-0.67582	0.1780
14	0.021703	0	-0.44121	0.24259	16.38120	-0.0059755	0.95273	0.61785	0.1233
15	0.15599	0	-0.0010865	1	1.19750	0	0	4.75276	0.2873
19	-0.19304	0	7.84243e-5	1.73538	2.24833	0.0028409	0.47679	-0.71288	0.3468
20	0.00023519	1.76944	0.00047456	1.77878	1.93097	0	0	1.73348	0.2721
21	-0.16457	0	5.13749e-5	1	4.29378	-0.48912	0.15551	-2.56486	0.3741
24	0.019061	0	-0.00026095	1.82052	3.07419	-0.00045737	1.17054	-3.53395	0.1666
28	1.21833e-6	3.17284	0.0010763	1.68765	4.02374	-0.16265	0.23950	-1.32651	0.5300
30	-0.0074589	0.70510	0.014016	0.89769	6.67658	-6.85916e-5	1.48379	-2.33941	0.3090
31	1.80243e-12	7.05685	0.051488	1.07640	4.56778	-0.0027814	0.84711	-0.61617	0.4741
32	0.50210	0	1.44891	0.14612	4.34358	0.016344	0.74154	3.61052	0.2182
33	-0.00058830	1.31473	0.0017232	1.48901	1.08877	0	0	0.54959	0.2361
34	-0.023779	0	-0.00010111	1.82605	1.25852	0	0	1.11255	0.1806
35	0.00014918	1.52526	0.023419	0.90443	4.31441	-0.0027707	0.98033	-0.81863	0.1546
36	-3.59446e-6	2.12405	0	0	0.9991	0	0	0.015135	0.5160
37	-4.68120e-10	5.51445	0.026209	1.18711	1.12673	0	0	-2.90000	0.5259
38	0.0016216	0.91135	0.12600	0.49111	1.05701	0	0	0.43489	0.1930
39	0.00018919	1.77909	0.0024566	1.39676	1.17454	0	0	-2.64210	0.6413
41	0.023806	0.15897	0.00092346	1	1.48626	0.00085647	0.066247	5.70202	0.4600
43	0.00014199	1.31502	0.014584	0.98517	4.47329	0.0013085	0.98809	2.04179	0.0959
44	0.00063360	1.13988	0.011669	0.98677	2.50079	-0.00050544	1.08551	-5.92647	0.4293
45	-1.71864e-10	5.63726	0.049360	1.06973	0.78039	0	0	-1.17097	0.3872
46	0.027028	0	0.20591	0.18600	1.03393	0	0	-2.82348	0.2172
48	-9.31524e-5	0	-0.047268	0.99952	1.76326	0	0	2.13725	0.2861
50	-3.40533e-15	8.05438	0.024047	1.22572	1.57574	0	0	4.54592	0.5734
51	2.56573e-9	0	-0.11174	1.02360	27.58807	-0.037899	1.01501	2.78452	0.2895
52	-0.010216	0.14469	0.0043828	1.01453	1.64125	0	0	3.26225	0.3111
55	0.00078184	1.64327	0.43268	0.55510	8.85281	-0.023855	0.78186	1.05284	0.2314
56	1.68633e-7	3.18811	0.029409	1.02540	2.63137	-0.00034499	0.81116	-2.08942	0.3267
57	0.012448	0	-0.00028864	1.49543	3.42949	-0.0044776	0.80125	0.29614	0.4998

Примечание: курсивом выделены предкритические, а полужирным – критические вейвлеты.

Как правило, первый член модели является естественной составляющей, а второй и последующие члены модели (1) показывают биотехническое, в частности и антропогенное, влияние. Второй член по показательному закону роста дает динамический рост максимальной температуры воздуха.

Тогда получается, что тренд показывает влияние двух сил: по первому члену происходит глобальное похолодание (влияние космоса на земную атмосферу), а по второму – глобальное потепление (влияние самой Земли и человечества).

Третий и четвертый члены имеют амплитуду колебания по закону экспоненциальной гибели (модифицированный нами закон Лапласа). Поэтому оба вейвлета являются бесконечномерными, так как из-за закона Лапласа изменение амплитуды показывает продолжение значений до 1879 и после 2017 года. Негативным является то, что периоды этих колебаний снижаются, начиная от $2\times 316.24348 \approx 632.5$ лет и 14.6 лет по состоянию на 1878 год. На 2017 год эти два вейвлета имели период колебания только 32 и 5.5 лет. А к 2032 третий член достигает полупериода в 1.4 года, а дальше параметр a_{5i} получает отрицательное значение. Тогда первый вейвлет (третий член) уже является критическим.

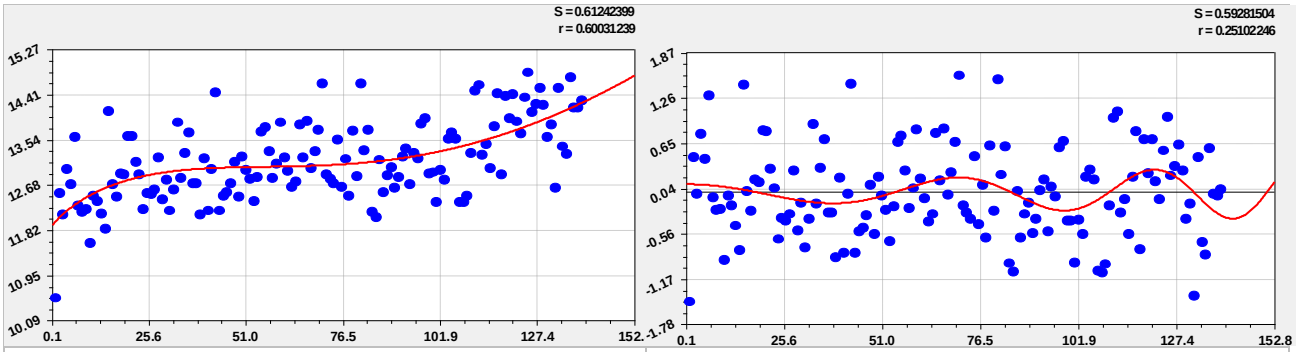
В целом четырехчленная модель (1) дает адекватность для динамики максимальной температуры воздуха с коэффициентом корреляции 0.7023 (уровень адекватности – сильная связь). Остальные члены дают разные коэффициенты корреляции, максимальный из которых 0.6413 получилось для 39-го члена.

В таблице 2 минимальный полупериод колебания был получен 0.9991 лет для 36-го критического члена. Тогда выясняется, что для выявления цикличности менее года необходимы учитывать месячные (однако оказалось, что влияние Луны на температуру воздуха незначительное) и суточные (обращение Земли вокруг самого себя) измерения. Но, как известно, смена дня и ночи резко изменяет температуру воздуха. Поэтому в дальнейшем экстремальные значения температуры воздуха необходимо регистрировать через каждые хотя бы три часа [9-12]. Только тогда возможен учет действительных максимумов и минимумов температуры в приземном слое атмосферы. При этом равномерная шкала абсцисс по данным HadCET превратится в неравномерную шкалу.

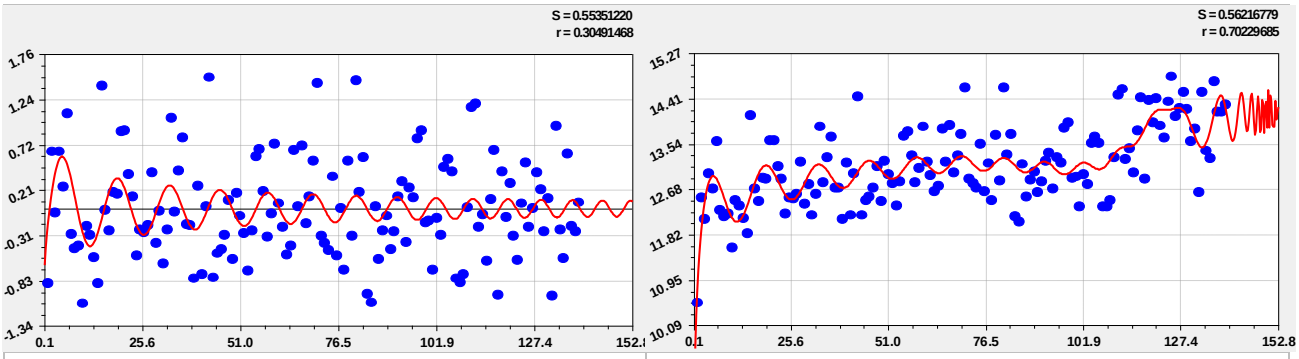
5. Первые закономерности динамики максимальной температуры

Тренд содержит два члена (рис. 1) и получил коэффициент корреляции 0.6003. Причем закономерность явно нелинейная, поэтому попытки применять линейные модели в климатологии мы считаем явным упрощенчеством. Хотя линейное уравнение имеет коэффициент корреляции 0.5610, однако в методе идентификации [21] нами линейная модель применяется только как начало процесса моделирования. Причина «любви» ученых к аппроксимации линейными трендами кроется только в одном, – линейные модели универсальны к положительному и отрицательному полуосям абсцисс. Поэтому линейные модели действительны только на коротких динамических рядах, а на длинных, как в данном примере в 139 лет, линейные тренды весьма грубы, да и примитивны.

Первый вейвлет как третий член общей модели (1) (рис. 1) с коэффициентом корреляции 0.2510 после объединения сменил знак в амплитуде и стал законом экспоненциальной гибели. Это привело к тремору (дрожанию после 2017 года). Второй вейвлет с ад6екватностью 0.3049 не изменился по конструкции. Как видно из общего графика для четырех членов, после 2017 года наблюдается тремор (дрожание) из-за значительного снижения полупериода колебаний. Оказалось, что это дрожание изменится другими вейвлетами, однако прогноз даже на эвристическом уровне неутешителен: в данной точке максимальная температура воздуха на поверхности суши Земли будет изменяться хаотически. В итоге климат в данной точке, а значит и на всей Земле, станет предсказуемым только по всем 42 вейвлетам. В этом проявляется целостность климата.



Двухчленный тренд | Третий член



Четвертый член | График четырех членов

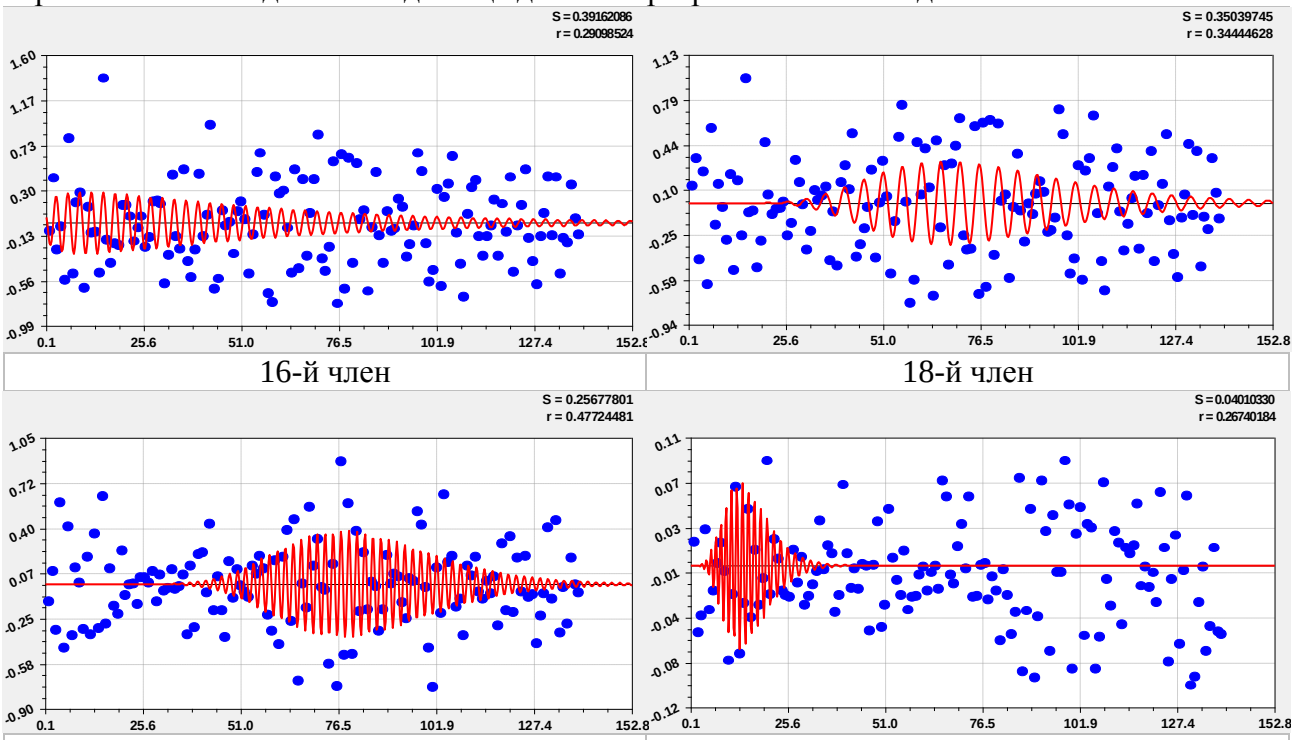
Рисунок 1. Первые члены модели динамики максимальной температуры: S - дисперсия; r - коэффициент корреляции

Однако это утверждение требует проверки на более достоверных данных измерений вдоль оси времени, включающих, кроме максимальной температуры, точные координаты каждого значения показателя (год, месяц, число, час).

6. Вейвлеты, не влияющие на прогноз в будущее

Покажем графики четырех наиболее характерных вейвлетов из общего количества 15 (100 15 / 57 = 26.32%), которые не влияют на будущее (рис. 2).

Максимум амплитуды 16-го члена наблюдался примерно в 1890 году, а дальше амплитуда колебания постепенно снижалась, достигая в 2017 году почти нуля. Тогда с 2018 года это колебание уже не будет влиять на динамику максимальной температуры приземного слоя воздуха. А вот 18-й член имеет четкие границы в начале и конце колебания, поэтому этот вейвлет становится конечномерным. Он начался примерно с 1878 + 25 = 1913 года и продолжится до 2030 года. Однако переход на будущее малозначителен, поэтому это колебание можно отнести также в группу не влияющих на прогнозы. Далее 23-й член также аналогичен 18-му члену, но имеет границы влияния в прошлом от 1916 до 2017 года. Еще дальше в ретроспективе находится 47-й вейвлет.



16-й член | 18-й член

23-й член | 47-й член

Рисунок 2. Вейвлеты из прошлой динамике максимальной температуры

Тогда получается, что на оси времени находятся различные вейвлеты, причем в будущем могут появится новые колебательные возмущения, начало которых находятся раньше или дальше конца основания прогноза. Эта неизвестность и не позволяет полностью доверять прогнозам. Чем больше горизонт прогноза, тем меньше вероятность адекватности прогноза.

7. Нормально влияющие на будущее вейвлеты

Из 42 вейвлетов нормальными являются 34 члена (третий член мы отнесли к образующим квантовую запутанность) из 57 членов (100 34 / 57 = 59.65%).

Наиболее характерным для принятия нормальности является седьмой член (рис. 3). Здесь амплитуда колебания изменяется мало (медленно возрастает или убывает, или имеет постоянную амплитуду). Из данных таблицы 2 видно, что амплитуда колебания медленно нарастает по закону экспоненциального роста.

У девятого члена амплитуда колебания также медленно нарастает. При этом полупериод колебания не имеет значения для отбора в нормальные вейвлеты. Поэтому и третий член также условно можно отнести к этой группе.

Вейвлеты 15 и 57 также имеют медленно нарастающую амплитуду колебания. Конечно же, все убывающие по амплитуде колебания, но продолжающие свое влияние на будущее, вполне очевидно становятся нормальными.

Как видно из графиков, все нормальные вейвлеты имеют по времени спокойное продолжение на будущее, при этом амплитуды колебаний в прогнозах возрастают незначительно. И это обстоятельство становится важным для прогнозирования на одну треть основания прогноза (прогноз) или на полную длину основания прогноза (ориентировочный прогноз).

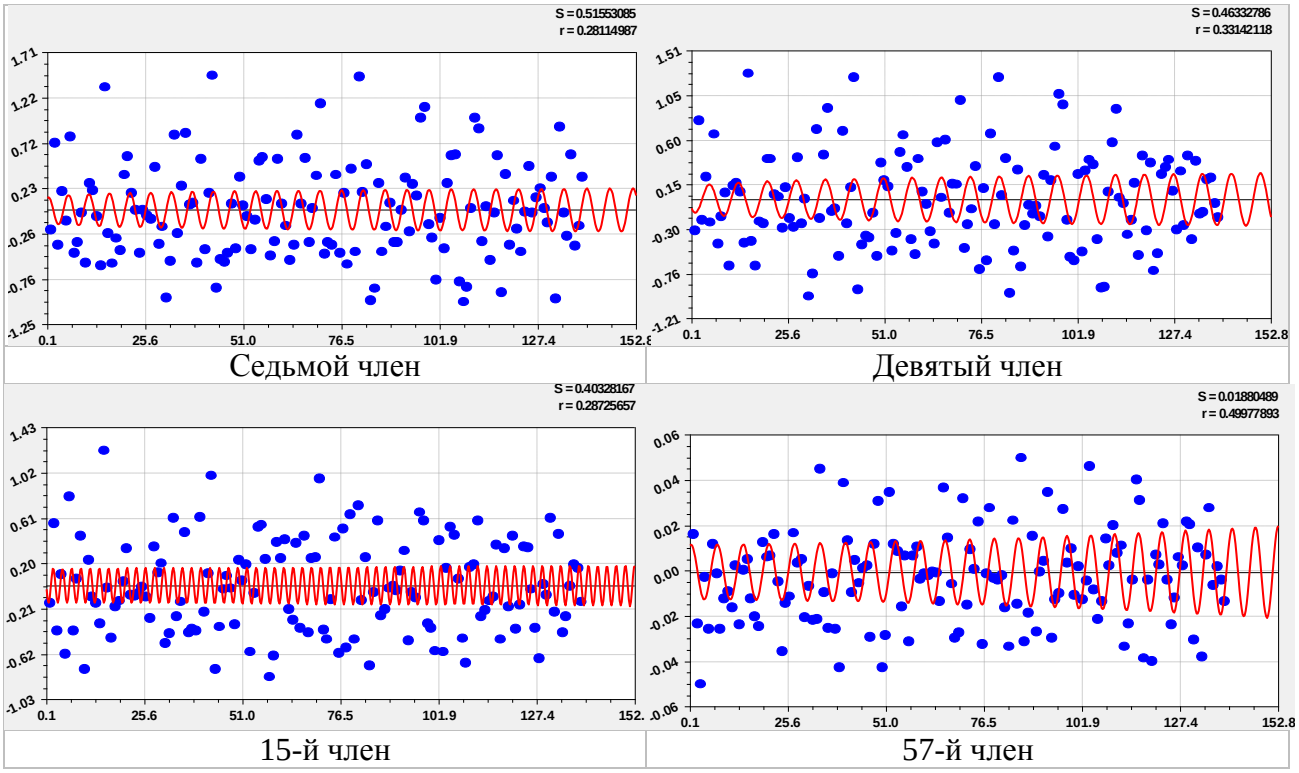
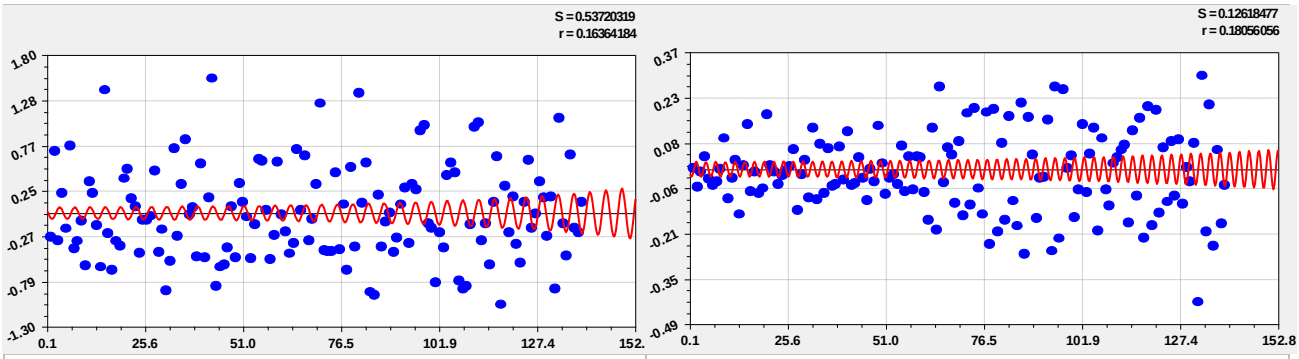


Рисунок 3. Нормальные вейвлеты динамики максимальной температуры

Ряд динамики максимальной годовой температуры Центральной Англии имеет почти 60% нормальных вейвлетов.

8. Предкритические вейвлеты на будущее

Предкритические и критические вейвлеты являются условными. На рисунке 4 даны графики всего двух предкритических вейвлетов (3.51%). Такими мы назвали колебания, которые относительно горизонта прогноза изменяются относительно мало, но все же в сторону увеличения по амплитуде.



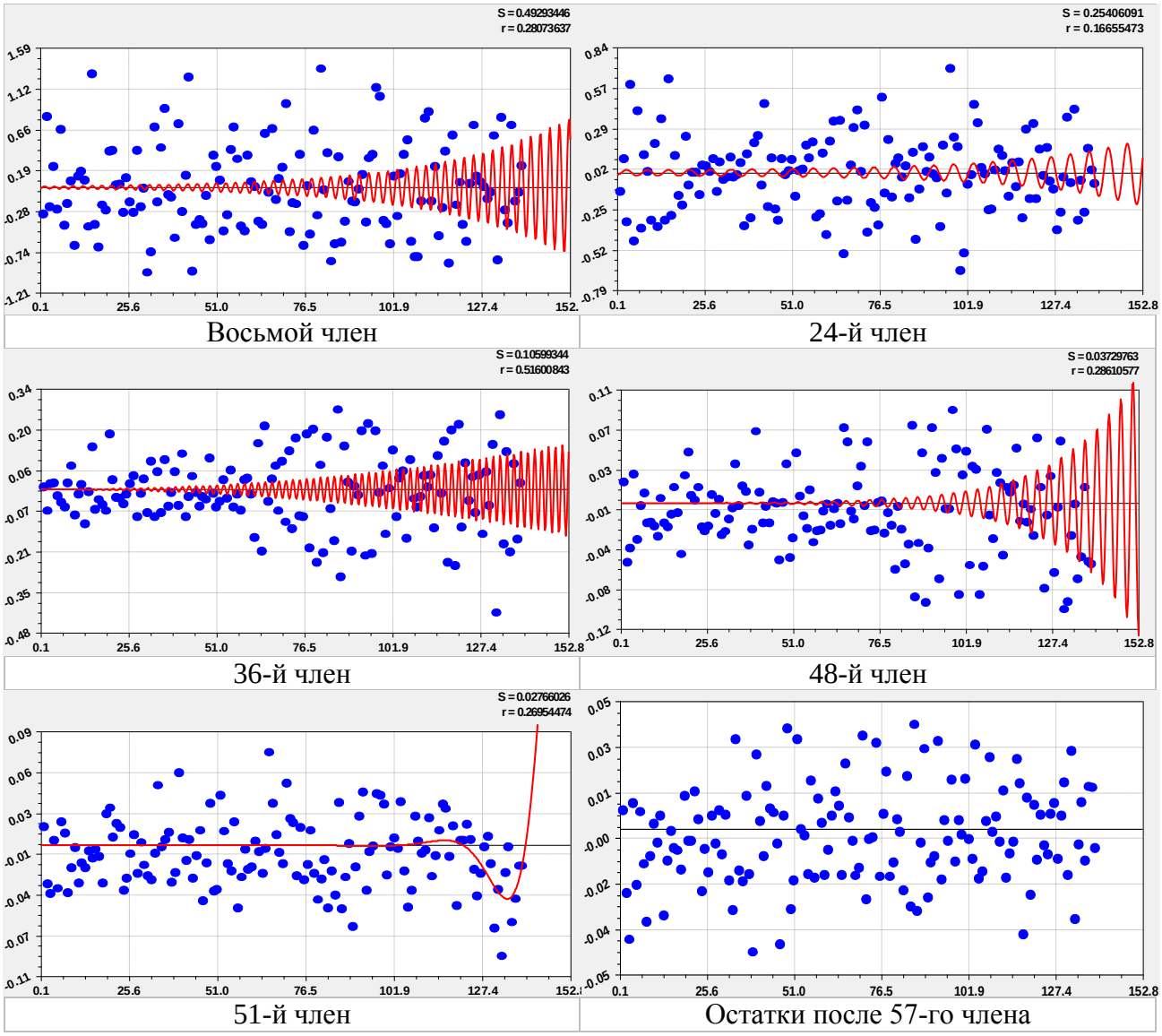
Шестой член | 34-й член

Рисунок 4. Предкритические вейвлеты динамики максимальной температуры

Результат такого выделения вейвлетов будет известен только после прямых расчетов на горизонт прогноза в программной среде Excel. В данном примере оказалось, что предкритические и критические вейвлеты гасят друг друга, поэтому прогноз оказался возможным только по всем 42 членам. Но мы не знаем эвристическое объяснение каждому вейвлету. Поэтому ничего не можем сказать о характере каждого колебательного возмущения.

9. Критические вейвлеты динамики на будущее

Пять критические на будущее вейвлета показаны на рисунке 5. Их в динамическом ряду по данным таблицы 1 оказалось достаточно (8.77% из 57 членов).



Восьмой член | 24-й член

36-й член | 48-й член

51-й член | Остатки после 57-го члена

Рисунок 5. Критические в будущем вейвлеты максимальной температуры

Особенно интересен 51-й член. Он практически начался с 1978 года и поэтому такой резкий рост амплитуды по закону экспоненциального роста, по-видимому, не остался незамеченным для климатологов Англии. Именно это колебание определяет волновую линию прогноза до 2088 года.

На рисунке 5 в конце показан точечный график остатков после 57-го члена. Они стали меньше стандартной погрешности измерений температуры (0.1 ^{0}C по цене деления приборов, особенно в конце 19 века) в ± 0.05 ^{0}C.

10. Прогнозы на будущее максимальной температуры

Прямыми расчетами в Excel на рисунке 6 получены графики прогнозов.

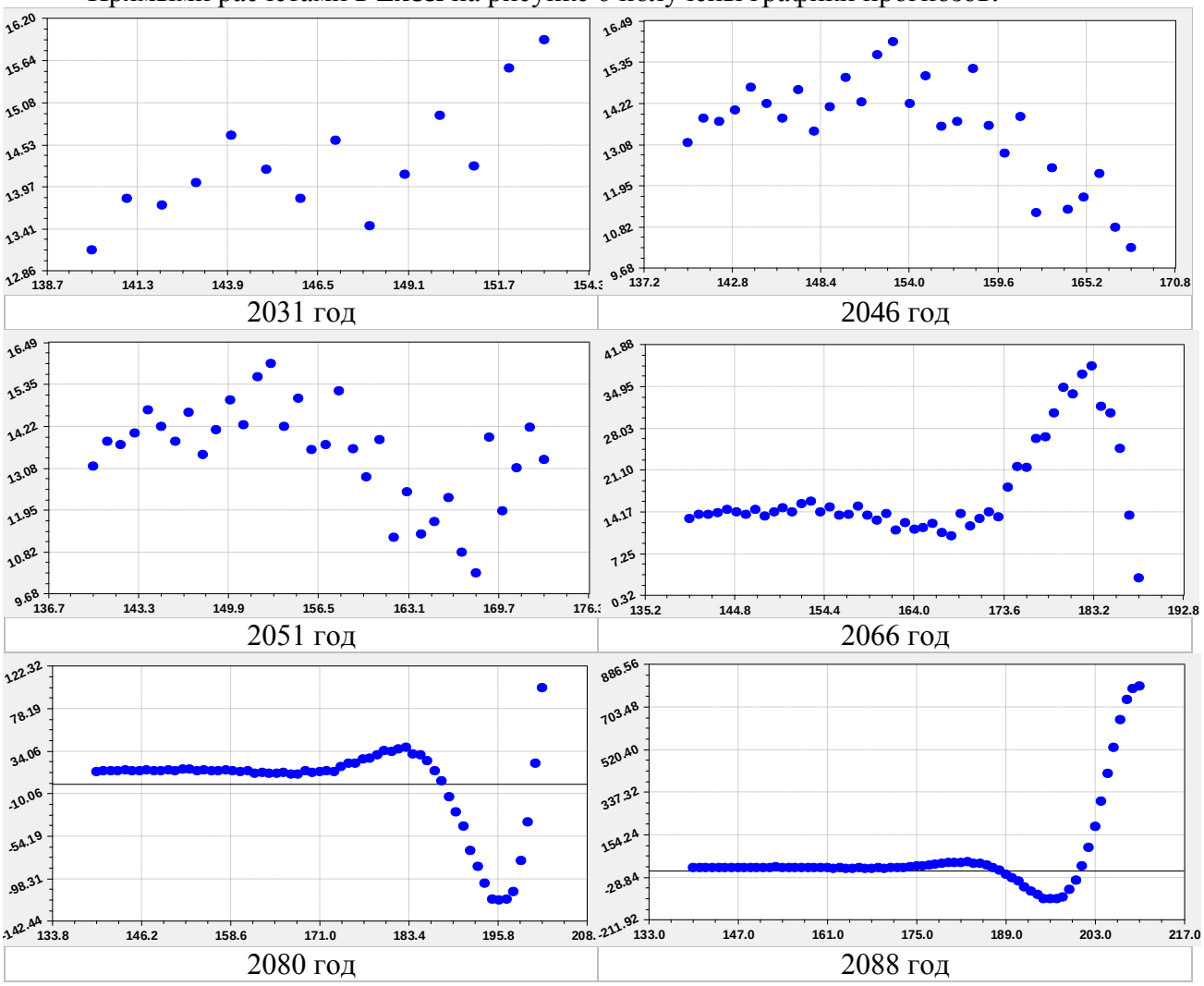


Рисунок 6. Прогнозы максимальной температуры

Первый этап с 2018 по 2031 год характеризуется дальнейшим потеплением от 13.13 ^{0}C до 15.92 ^{0}C. Фактически за 2018 год зарегистрировано максимальная температура (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/data/download.html) в приземном слое воздуха 14.72 ^{0}C. В сравнении с 2017 годом фактическая прибавка температуры стала равной 14.72 – 14.30 = 0.42 ^{0}C.

Отклонение расчетных значений по таблице 1 за 2017 год был равен -0.02% и также равно 14.30 ^{0}C. В итоге расчетное по всем знакам чисел в программной среде CurveExpert-1.40 оказывается точнее по сравнению с записью пяти значащих цифр у параметров модели (1) в таблице 2. Поэтому разница от фактического значения 14.72 ^{0}C за 2018 год расчетного по 42 уравнениям из таблицы 2 в 13.13 ^{0}C, равная 1.59 ^{0}C или 100 (14.72 – 13.13) / 14.72 = 10.80%. Тогда все прогнозы становятся несколько заниженными, и реальная картина динамики климата на территории Центральной Англии может оказаться гораздо драматичнее. С учетом занижения в моделях к 2031 году максимальная температура воздуха может достичь на 10% больше значения 15.92 ^{0}C и составит 17.51 ^{0}C.

Тогда можно сделать вывод о том, что нужны ежегодные итерации 57 вейвлетов с учетом максимальных температур воздуха. И каждый год необходимо рассматривать прогнозы с учетом полной записи параметров модели (например, принять первый параметр первого члена вместо 2.71559 в таблице значение 2.71558837237E+000 по распечатке программной среды).

На втором этапе с 2031 по 2046 годы ожидается похолодание от 15.92 до 10.25 ^{0}C. Снижение

температуры воздуха произойдет на 100 (15.92 – 10.25) = 55.32%. Этот этап совпадает с прогнозом на 2030-2040 годы по солнечной активности [34] и он может оказаться малым ледниковым периодом.

Однако с 2046 по 2051 годы ожидается потепление в Центральной Англии с 10.25 до 13.30 ^{0}C. Это – очень короткий период релаксации глобального потепления. Но затем на следующем этапе с 2051 по 2066 произойдет тепловой удар с ускоренным ростом максимальной температуры воздуха до 38.36 ^{0}C в 2061 году и затем резким спадом до 3.21 ^{0}C в 2066 году.

Следующий этап с 2061 по 2074 год – это вероятное глобальное похолодание от 38.36 до -120.38 ^{0}C. На рисунке 6 это глобальное похолодание до 2080 года сменится быстрым подъемом до 100.25 ^{0}C. С этого момента времени океаны начнут закипать и через 8 лет к 2088 году температура станет как на планете Венера, достигая максимума в 795 ^{0}C. С этого момента времени может начаться еще более страшное глобальное похолодание.

Таким образом, земная атмосфера уже с 2051 года пойдет в разнос. Колебательная адаптация уже нарушается, а до разрушения механизма адаптации атмосферы в точке Центральной Англии недолго. Для принятия действенных мер по стабилизации колебательной адаптации климата до 2051 года осталось 32 года.

10. Заключение

Для каждой наземной метеостанции необходимо изучать ***точечные распределения*** метеорологических измерений, в данной статье максимальной годичной температуры Центральной Англии по данным HadCET. Динамический ряд был разложен на 57 вейвлетов с максимальной относительной погрешностью 0.42%. Прямые расчеты в Excel по ним при пяти значащих цифрах в параметрах модели (1) позволили дать прогнозы по этапам до 2088 года.

Как вейвлет, любой квант поведения во времени можно отнести к двум группам: 1) происшедшие в основании прогноза до момента времени прерывания измерений, которые не влияют на прогнозируемое будущее; 2) переходящие на будущее время, и они влияют на будущее поведение объекта исследования.

В основании прогноза из 57 членов общей модели (1) разместились 15 члена, а 42 члена или 73.68% влияют на будущее.

После 2088 года прогнозные значения температуры получают аномально высокие значения. Поэтому с 2051 года, из-за аномального поведения третьего члена, уже начинается квантовая запутанность. Прогноз Валентины Жарковой о малом ледниковом периоде в 2030-2040 годах подтверждается. Этот период начнется с 2032 года и продолжится до 2046 года.

Нелинейный двухчленный тренд показывает влияние двух сил: по первому члену происходит глобальное похолодание (влияние космоса на земную атмосферу), а по второму – глобальное потепление (влияние Земли и человечества).

Третий и четвертый члены имеют амплитуду колебания по закону экспоненциальной гибели. Поэтому оба вейвлета являются бесконечномерными, так как изменение амплитуды показывает продолжение значений до 1879 и после 2017 года. Негативным является то, что периоды этих колебаний снижаются, начиная от $2 \times 316.24348 \approx 632.5$ лет и 14.6 лет по состоянию на 1878 год. На 2017 год эти два вейвлета имели период колебания только 32 и 5.5 лет. А к 2032 третий член достигает полупериода в 1.4 года. В итоге уже с 1879 года происходит сильное учащение колебаний, когда периоды колебаний уменьшились в 19.8 и 10.4 раза. Увеличение частоты колебаний указывает на потерю устойчивости климата.

Для первых четырех членов после 2017 года наблюдается тремор (дрожание) из-за значительного снижения полупериода колебаний. Оказалось, что это дрожание до 2088 года изменится другими вейвлетами, максимальная температура воздуха будет изменяться циклами похолоданий и потеплений.

Первый этап с 2018 по 2031 год характеризуется дальнейшим потеплением от 13.13 ^{0}C до 15.92 ^{0}C. Из-за пяти значащих цифр в параметрах модели расчеты по прогнозам оказались заниженными. Реальная картина динамики климата на территории Центральной Англии может оказаться гораздо драматичнее. С учетом занижения в моделях к 2031 году максимальная температура воздуха может достичь на 10% больше значения 15.92 ^{0}C и составить 17.51 ^{0}C.

На втором этапе с 2031 по 2046 годы наблюдается похолодание от 15.92 до 10.25 ^{0}C. Снижение температуры воздуха произойдет на 100 (15.92 – 10.25) = 55.32%. Этот этап совпадает с

прогнозом на 2030-2040 годы по солнечной активности [34] и он может оказаться малым ледниковым периодом.

Однако с 2046 по 2051 годы ожидается потепление в Центральной Англии с 10.25 до 13.30 ^{0}C. Это – очень короткий период релаксации глобального потепления. Но затем на следующем этапе с 2051 по 2066 произойдет тепловой удар с ускоренным ростом максимальной температуры воздуха до 38.36 ^{0}C в 2061 году и затем резким спадом до 3.21 ^{0}C в 2066 году. Следующий этап с 2061 по 2074 год – это вероятное глобальное похолодание от 38.36 до -120.38 ^{0}C. Это глобальное похолодание до 2080 года сменится быстрым подъемом температуры до 100.25 ^{0}C. С этого момента времени океаны начнут закипать и к 2088 году температура станет как на планете Венера (490 ^{0}C), достигая максимума температуры в 795 ^{0}C. По-видимому, с этого времени Земля станет безжизненной.

Таким образом, земная атмосфера уже с 2051 года пойдет в разнос. Колебательная адаптация уже сегодня как процесс нарушается до полного разрушения механизма адаптации атмосферы в точке Центральной Англии. Осталось для принятия действенных мер по стабилизации колебательной адаптации климата до 2051 года всего 32 года.

Библиографическая список:

1. Мазуркин П.М. Вейвлет анализ динамики CO_2 за 420 миллионов лет и прогноз на 140 миллионов лет в прошлое и будущее // American Scientific Journal № (25) / 2019. С.-.

2. Мазуркин П.М. Вейвлеты динамики среднегодовой температуры Запада США. www.doi.org: 2016. 13 с. Doi 10.18411/d-2016-165.

3. Мазуркин П.М. Вейвлет анализ графика Киллинга содержания CO_2 в атмосфере. www.doi.org: 2016. 12 с. Doi 10.18411/d-2016-166.

4. Мазуркин П.М. Вейвлеты среднегодового темпа роста CO_2 для Мауна Лоа Гавайи. www.doi.org: 2016. 14 с. Doi 10.18411/d-2016-167.

5. Мазуркин П.М. Вейвлеты среднегодового содержания CO_2 для Мауна Лоа Гавайи. www.doi.org: 2016. 14 с. Doi 10.18411/d-2016-168.

6. Мазуркин П.М. Вейвлеты помесячного содержания CO_2 для Мауна Лоа Гавайи. www.doi.org: 2016. 18 с. Doi 10.18411/d-2016-169.

7. Мазуркин П.М. Волновые закономерности глобальной динамики углерода (по данным global_carbon_budget_2017v1.3.xlsx) // American Scientific Journal № (23) / 2018. С.50-62.

8. Мазуркин П.М. Экологические способы оценки качества среды по флюктуирующей астимметрии листьев березы // Научное обозрение. Биологические науки. 2018. №5. С. 15-21. URL: https://science-biology.ru/ru/article/view?Id=1118 (дата обращения: 24.01.2019).

9. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Квантовая метеорология: факторный анализ трехчасовых измерений четырех Метеорологических параметров за 2012-2018 годы // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.15-28.

10. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Квантовая фитометеорология: факторный анализ трехчасовых измерений четырех метеопараметров за вегетационные периоды 2012-2018 годов // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.28-43.

11. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Кванты поведения метеопараметров по трехчасовым измерениям между декабрьскими солнцестояниями // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.43-58.

12. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Кванты поведения метеопараметров по трехчасовым измерениям в вегетационный период березы повислой // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.59-75.

13. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Факторный анализ глобальной динамики углерода (по данным global_carbon_budget_2017v1.3.xlsx) // American Scientific Journal № (23) / 2018. С.35-50.

14. M.C. Alvarez-Castro, D. Faranda, P. Yiou. Atmospheric Dynamics Leading to West European Summer Hot Temperatures Since 1851. Hindawi. Complexity. Volume 2018, 10 p. https://doi.org/10.1155/2018/2494509.

15. Atmosphere and climate. http://archive.stats.govt.nz.

16. M.P. Byrne, T. Schneider. Atmospheric dynamics feedback: concept, simulations, and climate implications. https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-17-0470.1.

17. J. Ding, et.al. Monthly and annual temperature extremes and their changes on the Tibetan Plateau and its surroundings during 1963-2015. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6082912/.

18. G.L. Foster, D.L. Royer, D.J. Lunt. Future climate forcing potentially without precedent in the

last 420 million years // 2017. Nature communications | 8:14845 | DOI: 10.1038/ncomms14845 |www.nature.com/naturecommunications.

19. A. Kislov, et.al. «Heat island» of the Moscow agglomeration and the urban-induced amplification of of global warming. Article *in* Vestnik MGU. Serija V, Geografia. June 2017. https://www.researchgate.net/publication/320057275.

20. G.X. Li, G. Zhou. Comparisons of time series of annual mean surface air temperature for china since the 1900s: observations, model simulations, and extended reanalysis. 2016. *https://doi.org/10.1175/bams-d-16-0092.1*.

21. 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

22. P.M. Mazurkin. Wave patterns of annual global carbon dynamics (according to information Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx). Materials of the International Conferen ce “Research transfer” - Reports in English (part 2). November 28, 2018. Beijing, PRC. P.164-191.

23. 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.

24. P.M. Mazurkin, A.I. Kudrjashova. Factor analysis of annual global carbon dynamics (according to Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx). Materials of the International Conference “Research transfer” - Reports in English (part 2). November 28, 2018. Beijing, PRC. P.192-224.

25. M. Мденрдд. Impacts of temperature and ozone on carbon retention processes of birch and aspen *Dissertations in Forestry and Natural Sciences.* Finland, Joensuu, on June, 08, 2012, 54 p.

26. Mapping tree density at a global scale / T. W. Crowther, et. al. *Nature* 525, 201–205 (2015); doi:10.1038/nature14967. 13 p.

27. B.D. Santer, et.al. Identifying human influences on atmospheric temperature. 26–33 | PNAS | January 2, 2013 | vol. 110 | no. 1. www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10. 1073/pnas.1210514109/-/DCSupplemental.

28. B.A. Sinokrot, H.G. Stefan. Stream Temperature Dynamics Measurements and Modeling. Water Resources Research, V. 29, No 7, P.2299-2312.

29. R.J. Stouffer, G. Hegerl, S. Tett. A Comparison of Surface Air Temperature Variability in Three 1000-Yr Coupled Ocean–Atmosphere Model Integrations. J o u r n a l o f c l i m a t e. 1999. V. 13, pp. 513-537.

30. Tree rings reveal globally coherent signature of cosmogenic radiocarbon events in 774 and 993 CE / U. Büntgen, et al. NATURE COMMUNICATIONS | (2018) 9:3605 | DOI: 10.1038/s41467-018-06036-0. 7 p.

31. J. Wang, et.al. Global land surface air temperature dynamics since 1880. International Journal of Climatology. https://doi.org/10.1002/joc.5384**.**

32. Waves to Weather (W2W). Description of the collection. https://journals.ametsoc.org/topic/w2w.

33. D.A. Zappalà et.al. Quantifying changes in spatial patterns of surface air temperature dynamics over several decades. Earth Syst. Dynam., 9, 383–391, 2018. https://doi.org/10.5194/esd-9-383-2018.

34. Valentina Zharkova: the solar magnet field and the terrestrial climate. URL: https://watchers.news/2018/11/11/valentina-zharkova-solar-magnet-field-and-terrestrial-climate-presentation/ (Дата обращения 01.03.2019).

Мазуркин Петр Матвеевич
Докт. техн. наук, проф., Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, E-mail: kaf_po@mail.ru

Mazurkin Petr Matveevich
Doc. tech. Sciences, Prof., Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia, E-mail: kaf_po@mail.ru

УДК 551.51

ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ГОДИЧНОЙ ДИНАМИКИ МИНИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С 1878 ПО 2017 ГОДЫ И ПРОГНОЗ ПО ДАННЫМ HADLEY CENTRE CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)

WAVELET ANALYSIS OF THE ANNUAL DYNAMICS OF THE MINIMUM TEMPERTURE FROM 1878 TO 2017 AND FORECAST DATA HADLEY CENTER CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)

Аннотация. Методом идентификации устойчивых закономерностей проведен вейвлет анализ динамики минимальной годичной температуры Центральной Англии по данным HadCET. Динамический ряд разложен на 64 вейвлета с максимальной относительной погрешностью 0.78%. В основании прогноза из 64 членов общей модели (1) разместились 16 члена, а 48 члена или 75% влияют на будущее. После 2100 года прогнозные значения минимальной температуры получают аномально высокие и низкие значения. С этого момента времени начинается сильная квантовая запутанность. Первый этап с 2018 по 2031 год характеризуется дальнейшим похолоданием от 7.05 ^{0}C до 6.55 ^{0}C. Фактически за 2018 год зарегистрировано минимальная температура в приземном слое воздуха 6.64 ^{0}C. В сравнении с 2017 годом фактическое снижение минимальной температуры стала равной 6.87 – 6.64 = 0.23 ^{0}C. Отклонение расчетных значений за 2017 год был равен 0.04% и также равно 6.87 ^{0}C. В итоге расчетное по всем знакам чисел в программной среде CurveExpert-1.40 оказывается точнее по сравнению с записью пяти значащих цифр у параметров модели (1). Поэтому разница от фактического значения 6.64 ^{0}C за 2018 год расчетного по 48 уравнениям из таблицы 2 в 7.05 ^{0}C, равная 0.41 ^{0}C или 100 (7.05 – 6.64) / 6.64 = 6.17%. Тогда все прогнозы становятся несколько завышенными (по максимальной температуре заниженными), На втором этапе с 2031 по 2046 годы ожидается потепление от минимума с 2018 года в 2032 году 4.88 ^{0}C до максимума 8.69 ^{0}C в 2036 году. Затем в 2046 году минимальная температура будет равна 5.13 ^{0}C. Солнечная активность несколько повышает минимальную температуру, а максимальную температуру, наоборот, снижает. Возрастание с 4.88 до 5.13 ^{0}C (на 5.12%) все же малозначимо для подтверждения гипотезы Валентины Жарковой (максимальная температура снижалась на 55.32%). Однако с 2046 начинается раскачка между наибольшими и наименьшими значениями минимальной температуры воздуха. Пока еще минимальная температура является положительной. Наименьшее значение 2.30 ^{0}C будет в 2066 году, а наибольшее 11.25 ^{0}C в 2056 году. На следующем этапе с 2066 по 2080 год – это переход к минусовым минимальным температурам. В 2071 году минимальная температура впервые станет отрицательной и равной -0.69 ^{0}C. в 2080 году ожидается -4.84 ^{0}C. К 2088 году произойдет переход на резко континентальный климат, когда в 2084 году будет минимальная температура 24.89 ^{0}C, а в 2088 году уже -15.37 ^{0}C. А с 2088 по 2100 год в Центральной Англии прогнозируется превращение в засушливую пустыню. Минимальная температура в 2098 году станет равной 45.44 ^{0}C, а в следующем году минимальная температура понизится до -24.92 ^{0}C.

Abstract. Using the method of identifying stable regularities, wavelet analysis of the dynamics of the minimum annual temperature of Central England was carried out according to HadCET data. The dynamic range is decomposed into 64 wavelets with a maximum relative error of 0.78%. At the base of the forecast, out of 64 members of the general model (1), 16 members were placed, and 48 members or 75% affect the future. After 2100, the predicted values of the minimum temperature get abnormally high and low values. From this point in time, a strong quantum entanglement begins. The first stage from 2018 to 2031 is characterized by a further cooling from 7.05 ° C to 6.55 ° C. In fact, for 2018, the minimum temperature in the surface air layer was 6.64 ° C. In comparison with 2017, the actual decrease in the minimum temperature

was equal to 6.87 - 6.64 = 0.23 0C. The deviation of the calculated values for 2017 was equal to 0.04% and also equal to 6.87 0C. As a result, the calculated for all the signs of numbers in the software environment CurveExpert-1.40 turns out to be more accurate compared with the recording of five significant figures in the model parameters (1). Therefore, the difference from the actual value of 6.64 0C for 2018 calculated by 48 equations from table 2 to 7.05 0C, equal to 0.41 0C or 100 (7.05 - 6.64) / 6.64 = 6.17%. Then all the forecasts become somewhat too high (at the maximum temperature they are underestimated). In the second stage, from 2031 to 2046, a warming is expected from the minimum from 2018 in 2032 to 4.88 0C to the maximum 8.69 0C in 2036. Then in 2046 the minimum temperature will be equal to 5.13 ° C. Solar activity slightly increases the minimum temperature, and the maximum temperature, on the contrary, reduces. An increase from 4.88 to 5.13 ° C (by 5.12%) is still insignificant to confirm the hypothesis of Valentina Zharkova (the maximum temperature decreased by 55.32%). However, from 2046 the buildup begins between the highest and lowest values of the minimum air temperature. The minimum temperature is still positive. The lowest value of 2.30 ° C will be in 2066, and the highest 11.25 ° C in 2056. At the next stage, from 2066 to 2080, this is a transition to minus minimum temperatures. In 2071, the minimum temperature for the first time will be negative and equal to -0.69 0C. in 2080 it is expected -4.84 0C. By 2088, there will be a transition to a sharply continental climate, when in 2084 there will be a minimum temperature of 24.89 0C, and in 2088 already -15.37 0C. And from 2088 to 2100 in Central England is projected to turn into an arid desert. The minimum temperature in 2098 will be equal to 45.44 ° C, and next year the minimum temperature will drop to -24.92 ° C.

Ключевые слова: Центральная Англия, максимальная годичная температура, динамика с 1879 по 2017 годы, вейвлет анализ, кванты поведения.

Keywords: Central England, the maximum annual temperature, the dynamics from 1879 to 2017, wavelet analysis, quanta of behavior.

1. Введение

Беспрецедентная интенсификация экстремальных погодных условий мотивирует исследования для понимания долгосрочных климатических изменений [18]. Например, в статье [16] показана динамика температуры воздуха на поверхности суши в мире с 1880 года, дана так называемая «линейная объективная оценка». В ней «был проведен новый анализ среднегодовой глобальной температуры воздуха на поверхности Земли с 1880 года, который имеет больший охват и меньшую неопределенность, чем предыдущие распределения».

Однако мы считаем, что глобальные показатели также являются сгруппированными данными, поэтому необходимо принять вначале только точечные измерения, при этом нами были приняты первичные измерения наибольших рядов по Центральной Англии (ssn_HadCET_max.txt).

Другим методологическим недостатком, например, статьи [1], является включение примитивных линейных моделей в более сложные модели атмосферной циркуляции. Причем атмосферная динамика, приводящая к западноевропейским летним жарким температурам с 1851 года, как утверждается в этой же статье, модели атмосферной циркуляции, приводящие к наиболее интенсивным тепловым событиям, изменились за последнее столетие. Еще одним недостатком этой статьи является то, что температуры снижаются путем удаления линейного тренда. Целью детрендинга является устранение эффекта хорошо задокументированного повышения температуры в Европе, не зависящее от погоды.

Тогда получается, что истинная картина динамики хорошо известного показателя скрывается за математическими ухищрениями дисперсионного анализа.

Аналогичный прием «после удаления всех глобальных средних сигналов» с помощью различных фильтров использован в статье [13]. Достоинство статьив том, что начинается понимание квантовой запутанности [9-12] в самом динамическом ряду: «Здесь мы исследуем влияние модельных и наблюдательных неопределенностей на нашу способность идентифицировать антропогенный отпечаток в спутниковых измерениях стратосферного и тропосферного изменения температуры» [13].

Сравнение изменчивости температуры поверхностного воздуха в трех связанных интеграциях модели "океан-атмосфера" за 1000 лет [15] выполнено по линейным тенденциям. При этом изменения температуры поверхности являются самым длинным и надежным наблюдательным показателем. Запись наблюдений содержит как “сигналы”, то есть вынужденные изменения в климатической системе, так и шум, который является невозмущенной внутренней изменчивостью связанной системы океан–атмосфера–поверхность суши. Для вычисления эволюции времени

вычитание линейного тренда исказило бы изменчивость паттерна. Для сравнения были использованы неизмененные наблюдения [15]. Таким образом, постепенно приходит понимание неизменности динамических рядов для получения математических уравнений.

Временные ряды глобальной или региональной температуры поверхностного воздуха имеют основополагающее значение для исследований изменения климата [6]. Новые временные ряды также показывают замедление тенденции потепления в Китае в течение последних 18 лет (1998-2015 годы). Высококачественные климатические наборы данных являются основой для обнаружения и атрибуции климатических изменений [6]. Поэтому эти ряды должны рассматриваться без их всяких преобразований.

Усреднения и другие виды группировки, конечно же, необходимы, но они должны выполняться после вейвлет анализа неизменных динамических рядов. Например, средняя температура в Новой Зеландии [2] увеличилась со скоростью 0,95 ^{0}C за столетие, а это означает, что средняя температура в 2016 году была на 1 ^{0}C теплее, чем в 1909 году. Среднемировая температура суши выросла на 0,9-1,1 ^{0}C за тот же период времени. Эти тенденции оценивались с использованием линейной регрессии на уровне 95%. С 1909 г. самым теплым годом Новой Зеландии был 2016 г. За этот период среднегодовая температура составила 12,3 ^{0}C. За последние 20 лет было пять самых теплых лет: 1998, 1999, 2005, 2013 и 2016. В эти годы среднегодовые температуры превышали 13,1 ^{0}C [2]. Однако такое эвристическое описание допустимо, но никак не дает математические формулы. Поэтому вначале нужен вейвлет анализ и затем нужны линейные тенденции.

Причины принятия линейных трендов понятны. Главной является простота выявления линейных формул. Например, по данным [3], во всем мире усредненная обратная связь по динамике атмосферы является положительной и усиливает реакцию на температуру вблизи поверхности на изменение климата в среднем на 8% при моделировании со связанными моделями. Ограничение, связанное с бюджетом атмосферной массы, приводит к тому, что обратная связь динамики на больших масштабах невелика по отношению к обратным связям, связанным с термодинамическими процессами. Идеализированные модели воздействия показывают, что изменения циркуляции в высоких широтах потенциально более эффективны при влиянии на глобальную температуру, чем изменения циркуляции в низких широтах, и они обсуждаются последствия для прошлого и будущего изменения климата [3].

Месячные и годовые перепады температур и их изменения были рассмотрены [4] на тибетском плато и его окрестностях в 1963-2015 гг. Экстремальные погодные и климатические явления, из которых экстремальные температуры являются одним из наиболее часто изучаемых из-за длины ряда температур, а прогнозы температуры, как правило, более устойчивы. Наблюдаемые максимумы суточной температуры и минимумы на метеостанциях были получены из центра климатических данных Китая (**http://cdc.cma.gov.cn/home.do**). Годовые значения рассчитываются так же, как и месячные. Также применяют только линейные тренды [4]. Главной методической ошибкой выделения экстремальных значений показателя является отсутствие даты измерения с указанием часов. В итоге не удается моделировать периоды колебаний максимумов и минимумов. Получается, что экстремальные значения относятся ко всему году, что явно неверно. Такой же недостаток имеют и ряды HadCET.

В статье [17] подытоживается, что основной темой W2W является прогнозируемость погоды. В настоящее время научными темами W2W являются "рост ошибок", "неопределенности облачного масштаба" и "предсказуемость местной погоды". Он включает в себя теоретические исследования, численное моделирование и практические исследования процессов, основанные частично на передовых статистических методах. Цель W2W состоит в том, чтобы определить пределы предсказуемости погоды и подготовить наилучшие прогнозы, которые физически возможны. В центре внимания W2W находятся наиболее важные причины сохраняющихся неопределенностей в прогнозировании погоды [17].

Сложная модель приведена в статье [14]. По ней энергетический баланс учитывает влияние температуры воздуха, солнечной радиации, относительной влажности, облачности и скорости ветра на чистую скорость теплообмена через поверхность воды, а также теплопроводность между водой и руслом реки. Показано, что воздействие потока на солнечную радиацию варьируется от 30 до 100%, а воздействие ветра от 10 до 30% в зависимости от характера потока. Значения связаны с шириной потока и сезоном из-за изменчивого листового покрова деревьев на потоках. После калибровки точность почасовых и суточных прогнозов температуры воды в течение нескольких недель

составляет порядка 0,2-1 °С.

В заключение о влиянии температуры укажем, что возможно рассмотрение и городского климата в отдельности. Например, по данным [5], интенсивность острова тепла города Москвы, характеризуемая данными приземных наблюдений, усилилась в последние 15 лет, причем несмотря на паузу в глобальном потеплении. Обнаружено, что по вертикали острова прослеживаются до высоты 2 км. В летнее время нижняя часть острова тепла представляет собой остров сухости, в то время как верхняя часть острова тепла соответствует острову влажности. Зимой в нижней части острова тепла выделяется остров влажности [5].

Любое явление или процесс можно оценивать по уровню адекватности (коэффициенту корреляции) разложения функциональной связности климата на квантовую распутанность (определенность), а отношения между параметрами климата и даже прогнозирование после определенного момента времени дадут квантовую запутанность. При прогнозировании на горизонт прогноза, равный трети или полной длине основания прогноза [8], из множества вейвлетов появляются колебания, которые из-за резко повышающейся амплитуды дают квантовую запутанность.

В данной статье различаются кванты поведения первого вида. В динамике каждый фактор (в данной статье минимальная годовая температура с 1878 по 2017 годы) расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн (солитонов) и этот процесс характеризуется как ***квантовая распутанность (определенность).*** Причем каждый вейвлет является отдельным квантом поведения. По времени они относятся к бесконечномерным или конечномерным вейвлетам (солитонам, уединенным волнам). Прогнозирование с увеличением горизонта прогноза до длины основания прогноза дает переход от определенности к квантовой запутанности.

Это мы покажем при прогнозе минимальной годовой температуры в будущее от 2018 по 2100 годы (82 года) от основания прогноза в 2017 – 1878 = 140 лет. Прогноз максимальных температур Центральной Англии оказался более содержательным. Поэтому эти этапы сохранены для минимальной температуры.

Любой квант поведения, как отдельный вейвлет, во времени можно отнести к двум группам: 1) происшедшие в основании прогноза до момента времени измерений, которые не влияют на прогнозируемое будущее; 2) переходящие на будущее время, и они влияют на будущее поведение объекта исследования.

Вторая группа вейвлетов образует набор уравнений ***прогнозной модели***. Расчеты по ним, по мере роста горизонта прогноза дают высокую ***критическую квантовую запутанность*** из-за резкого роста амплитуды у некоторых колебаний. Постепенно снижая горизонт прогноза от длины основания, приходим расчетами к ***умеренной квантовой запутанности***. Далее уменьшая горизонт прогноза со всеми вейлветами нормальные прогнозы с ***низкой квантовой запутанностью***. Таким образом, можно взять все идентифицированные вейвлеты без предварительной сортировки, а затем, снижая горизонт прогноза, получаем наиболее достоверные прогнозы.

При таком подходе в таблице параметров модели можно исключить те вейвлеты, которые характерны для времени в основании прогноза и произошли от начала до конца основания прогноза. А оставшиеся уравнения в дальнейшем будем разделять на три группы: ***нормальную*** (без учета предкритических и критических вейвлетов)***, предкритическую*** (без учета критических вейвлетов) ***и критическую*** (все переходящие на будущее вейвлеты) ***прогнозные модели***. Однако расчеты в Excel показала, что метод исключения критических вейвлетов повышает погрешность моделирования. Поэтому можно оставить выделение трех групп вйевлетов, но расчеты для прогнозов выполнять по всем членам модели.

2. Исходные данные

Данные приведены в таблице 1 (ssn_HadCET_min.txt).

Всего было получено методом идентификации [7] 64 составляющих общей модели (1). Остатки в таблице 1 вычислены как разность между фактическими и расчетными данными.

Таблица 1. Минимальная годовая температура (по данным HadCET)

№ п/п	Год	Время τ, лет	t, ^{0}C	Остатки ε_{64}	Относительная погрешность Δ, %
1	1878	0	5.82	-0.0254097	-0.44
2	1879	1	4.36	0.000318756	0.01
3	1880	2	5.63	1.82E-05	0.00
4	1881	3	5.03	-0.00124114	-0.02
5	1882	4	5.94	-0.00502226	-0.08
…	…	…	…	…	…
102	1979	101	5.33	-0.0417908	**-0.78**
…	…	…	…	…	…
136	2013	135	5.92	-0.00231785	-0.04
137	2014	136	7.15	0.0142006	0.20
138	2015	137	6.45	0.00600951	0.09
139	2016	138	6.51	-0.0123476	-0.19
140	2017	139	6.87	0.00292653	0.04

Тогда относительная погрешность после последнего 64-го члена равна $\Delta = 100\varepsilon_{64}/t$. Максимальная относительная погрешность общей модели по данным таблицы 1 будет равна -0.78% для 1979 года. При этом максимальная абсолютная погрешность меньше ± 0.05 ^{0}C.

По интервалам относительной погрешность общее количество 140 значений без учета знака из таблицы 1 распределилось следующим образом: 0-0.1% – 52 шт.; 0.1-0.2% – 35; 0.2-0.3% – 20; 0.3-0.4% – 21; 0.4-0.5% – 4; более 0.5% – 8 шт. Таким образом, в пределах от 0 до ± 0.5 % относительной погрешности расположились 132 или 94.29% значений минимальных годовых температур.

3. Вейвлет анализ

Любой динамический ряд нами понимается как череда сигналов. Время $\tau = 0$ принимается с начала отсчета времени основания прогноза с 1878 года. Тогда получаем положительную ось абсцисс.

Вейвлет сигнал, как правило, любой природы (объекта исследования) математически записывается волновой формулой [7] вида

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

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (1), m – количество членов в модели (1), в нашем случае равен 57, x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \ldots a_8$ – параметры модели, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40 (URL: http://www.curveexpert.net/), A_i – амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

По формуле (1) 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 вейвлет-сигнала позволяет абстрагироваться от физического смысла многих статистических рядов измерений и рассматривать их аддитивное разложение на составляющие в виде суммы отдельных вейвлетов.

Сигнал – это материальный носитель информации. А информация нами понимается как ***мера взаимодействия***. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен. Сигналом может быть любой физический процесс или его часть. Получается, что изменение множества неизвестных сигналов давно известно, например, через ряды метеорологических измерений. Однако до сих пор нет статистических моделей как динамики параметров погоды.

На информационно-технологическом уровне 23-я проблема Гильберта (развитие методов вариационного исчисления) нами была решена [7].

При этом ***вариация функций*** сводится к осознанному отбору устойчивых законов и конструированию на их основе адекватных устойчивых закономерностей. Мы придерживаемся

концепции Декарта о необходимости применения алгебраического уравнения общего вида (1) напрямую как конечного математического решения неизвестных дифференциальных или интегральных уравнений.

4. Закономерности динамики минимальной температуры воздуха

Год показывает один цикл обращения Земли вокруг Солнца. Но максимальные или минимальные значения температуры приземного слоя атмосферы должны указываться конкретным моментом времени (год, месяц и число, часы и минуты). Это позволило бы намного точнее идентифицировать уравнения максимумов и минимумов температуры воздуха по неоднородности периода колебания. В каждом году зимой происходит сдвиг минимальной температуры.

В основании прогноза из 64 членов общей модели (1) разместились 16 члена, а 48 членов или 75% влияют на будущее (табл. 2).

Из 48 учитываемых в прогнозах до 2088 года вейвлетов 40 относятся к нормальным (из них первые четыре члена получены по вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1.40) закономерностям. Предкритическими становятся шесть членов, а к критическим колебаниям относятся два вейвлета. Эти восемь членов могут создать квантовую запутанность и тем самым сократить горизонт прогноза от длины основания прогноза.

Таблица 2. Параметры моделей динамики минимальной температуры

(оставлены вейвлеты, влияющие на будущее)

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	5.12497	0	-0.0038461	0.84268	0	0	0	0	0.7026
2	0.43272	0	0.031964	1	26.54674	-9.93394	0.077317	-0.88318	
3	-0.20512	0	-0.0014814	1	3.46291	0.10108	0.27168	1.06775	
4	0.15499	0	-0.15499	0.46544	269.81832	-1.53846	1.01829	0.14258	
5	0.30896	0	0.0088793	1	7.48280	-0.015640	0.98848	-3.85824	0.3291
6	-0.19015	0	0.0051141	1	2.28034	-2.84688e-5	1.16044	-0.50756	0.2600
7	0.82692	0	1.31767	0.098689	1.26190	0	0	-0.37631	0.2933
8	0.094645	0	0	0	0.96207	0	0	-0.089919	0.1898
9	10.74285	0	2.68380	0.14079	0.89447	0	0	1.57948	0.3076
10	0.22496	0	0.010356	1.03994	1.02096	0	0	-1.68491	0.2497
11	0.083255	0	2.33500e-5	1	2.57888	-0.011522	0.35595	-0.041023	0.1854
12	0.13687	0	0.0068950	0.99742	1.92101	-0.00052566	1.00132	-0.068334	0.2089
13	0.066383	0	-0.0019963	1	2.01374	0	0	-1.13333	0.1773
14	0.090332	0	0.0025225	1	3.59394	-0.0023590	0.66345	-2.32277	0.1811
15	0.17352	0	0.30379	0.24140	4.76350	-0.0026908	0.95887	-2.12207	0.1812
16	-0.079467	0	0.0032838	1	24.04585	-0.22941	0.65523	0.31128	0.1593
17	-0.075518	0	0.0018730	1	9.15373	0.00028160	1.64519	-0.58282	0.1637
19	0.00028606	0	-0.053716	1	1.39713	9.45502e-9	1	4.30100	0.3355
20	-0.10771	0	-0.0054216	1	2.62422	0.00078820	1.08744	3.41790	0.4302
21	0.11090	0	0.0056223	1.46911	0.59306	0	0	3.28166	0.2524
24	-0.063254	0.77700	0.27646	0.52215	1.68201	0	0	0.67757	0.4251
25	-0.044024	0.41273	0.010615	1	1.23233	2.69107e-7	1	-1.52854	0.34925
26	0.00016794	2.39815	0.14819	0.75399	1.75239	0	0	1.51871	0.3405
28	1.10517e-9	4.51437	0.0043914	1.32292	1.18227	0	0	1.95010	0.6036
29	0.00055795	1.47864	0.014550	1.05305	5.49716	0.0029056	0.74625	1.16614	0.3172
30	-5.28144e-6	2.81336	0.033176	1.00627	6.54625	0.00063154	1.41687	2.86099	0.3504
31	-0.0013881	1.04123	0.0077934	1	1.93050	-1.07354e-6	1	-1.02904	0.4045
32	-0.00030493	1.08932	0	0	1.60327	0	0	1.30533	0.2612
33	1.97028e-8	4.06540	0.096250	0.80608	2.76018	0	0	-0.70233	0.2767
34	-1.54667e-5	2.02970	0.010780	1.01310	1.27471	0	0	2.76102	0.3289
36	-0.0010105	0.97772	0.032385	0.41871	1.05641	0	0	1.56972	0.4981

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
38	2.54455e-7	3.78405	0.059487	0.99283	3.65157	0.00046618	1.04744	1.83829	0.3004
39	2.83513e-7	3.04410	0.025394	1.00066	2.02360	0.0022915	0.99211	1.33518	0.2160
40	-1.65929e-6	3.36859	0.35349	0.62035	3.32845	0	0	4.85030	0.1726
43	-2.70662e-5	3.06958	0.26322	0.70591	1.20616	0	0	-0.14125	0.5400
44	-7.61684e-6	2.21122	0.021535	1.03558	1.24196	0	0	-1.03261	0.1794
45	4.90209e-8	3.22120	0.020174	0.99998	1.37338	8.55372e-6	1	-1.16698	0.2102
48	-2.42283e-10	5.23466	0.035013	1.09889	1.81889	0	0	-4.90995	0.3157
49	0.0012515	0.95684	0.0021423	1.41741	2.38521	0	0	0.26216	0.3962
50	0.012988	1.31077	0.99122	0.39556	2.55608	0	0	-2.02524	0.3162
54	-1.49122e-6	2.80138	0.018101	1.14410	4.27125	0.021136	0.59116	-1.39713	0.3172
55	-2.59567e-9	4.03383	0.017318	1.12646	1.02909	-0.0074322	1	0.0010730	0.2221
56	1.57753e-8	3.40559	0.0070987	1.22028	1.08601	0	0	0	0.2440
57	-0.0024103	0.345286	0	0	18.21925	-0.0014711	1.00072	1.80989	0.2539
60	-4.78021e-10	4.82397	0.063308	0.97252	3.83328	0.024733	1.00281	3.96968	0.1466
62	1.04622e-10	5.05905	0.017202	1.18599	1.51488	0	0	-1.66486	0.4256
63	-3.12876e-7	3.43272	0.036234	1.03685	1.16407	0	0	4.79076	0.7498
64	-8.17867e-12	5.94340	0.046757	1.05968	2.25763	-3.72568e-5	1	3.37669	0.3986

Примечание: курсивом выделены предкритические, а полужирным – критические вейвлеты.

Отрицательный знак перед составляющей модели показывает, что она является кризисной для повышения значений минимальной температуры приземного слоя воздуха. Всего таких членов 22 (табл. 2). Остальные 26 членов имеют положительный знак и это указывает на стремление повысить значения минимальной температуры в данной точке Земли.

Тренд содержит всего один член по закону экспоненциального роста (закону проф. П.М. Мазуркина). Тогда получается, что на максимальную температуру влияет второй член тренда (больше, по-видимому, из-за антропогенного влияния), а на минимальную температуру пока мало влияет человечество и Солнце. По-видимому, основное влияние от поведения самой земной атмосферы.

Первый член из таблицы 2 двухчленного тренда является модифицированным нами [21] законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа-Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). Модернизация заключается в ведении третьего параметра модели 0.84268, который меньше 1. А для максимальной температуры был получен этот параметр интенсивности гибели 1.07413. Он показывает интенсивность экспоненциального снижения со временем максимальной температуры воздуха в Центральной Англии. Таким образом, минимальная температура растет естественным образом, а максимальная температур по второму члену тренда по показательному закону растет искусственным образом, по-видимому, за счет антропогенного влияния.

Как правило, первый член модели является естественной составляющей, а второй и последующие члены модели (1) показывают биотехническое, в частности и антропогенное, влияние. Второй и последующие члены для минимальной температуры имеют конструкцию (1) колебания с переменными амплитудой и частотой (периодом).

Второй член является бесконечномерным вейвлетом. Он имеет амплитуду, изменяющуюся по закону Лапласа и показывает снижение минимальной температуры от 0.16 ^{0}C в 1878 году. Свойство бесконечности действия вейвлета исходит из эк4споненциального закона. Для второго члена, из-за закона Лапласа, изменение амплитуды показывает продолжение значений до 1878 и после 2017 года. Негативным является то, что период колебания снижается (частота возрастает, то есть колебание становится сильно турбулентным), начиная от $2 \times 12.93117 \approx 25.9$ лет по состоянию на 1878 год. На 2017 год этот вейвлет имел период колебания 23.9 лет. А к 2100 году второй член достигает полупериода в 22.9 года. Учащение колебания показывает возможность тремора климата.

Третий член по знаку ориентирован на снижение минимальной температуры. При этом по закону Лапласа происходит экспоненциальный рост амплитуды от 0.20 ^{0}C в 1878 году до 0.57 ^{0}C в

2100 году. Из-за увеличения периода колебания в 1878 году с 7.0 лет до 7.7 в 2017 и 7.8 лет в 2100 году, колебательное возмущение успокаивается.

Четвертый член, направленный на рост минимальной температуры, ухудшает колебательную адаптацию климата из-за возрастания амплитуды по закону экспоненциального роста от 0.16 ^{0}C в 1878 году до 1.05 ^{0}C в 2100 году, а также снижения периода колебания от 158.8 лет в 1878 году до -107.2 лет в 2100 году. Период колебания знаки меняет в 2037 году.

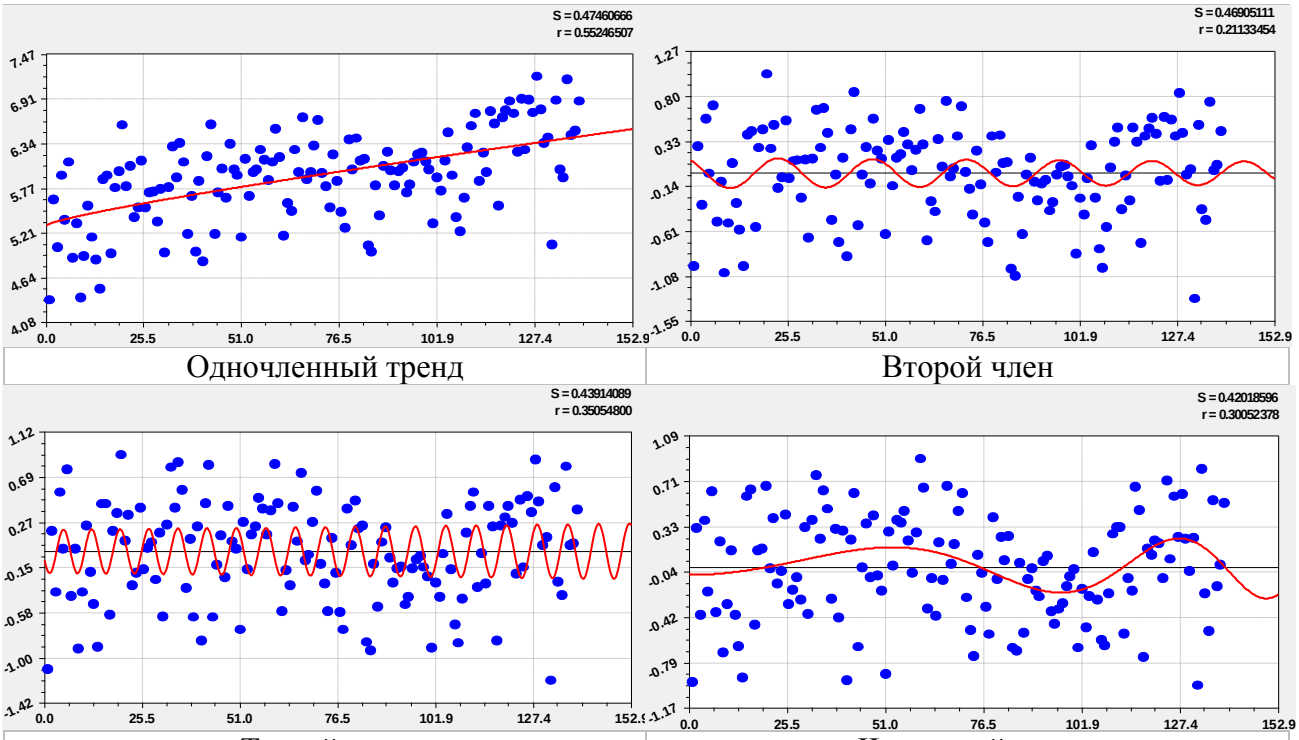
В целом четырехчленная модель (1) дает адекватность для динамики минимальной температуры воздуха с коэффициентом корреляции 0.7026 (уровень адекватности – сильная связь). Остальные члены дают разные коэффициенты корреляции, максимальный из которых 0.7498 получилось для 63-го члена, который имеет постоянный полупериод в 1.16407.

В таблице 2 максимальный полупериод был равен для четвертого члена 269.8 лет, а минимальный полупериод колебания был получен 0.59 лет для 21-го члена. Тогда получается, что основание прогноза в 140 лет позволяет идентифицировать волны с максимальным периодом в 540 лет.

5. Первые закономерности динамики минимальной температуры

Тренд содержит один член (рис. 1) и получил коэффициент корреляции 0.5523, что меньше 0.6003 для двухчленного тренда максимальной температуры.

Причем закономерности явно нелинейные, поэтому попытки применять линейные модели в климатологии мы считаем явным упрощенчеством. Хотя линейное уравнение имеет коэффициент корреляции 0.5510 (0.5610 для максимальной температуры), однако в методе идентификации [7] нами линейная модель применяется только как начало процесса моделирования. Причина «любви» ученых к аппроксимации линейными трендами кроется только в одном, – линейные модели универсальны к положительному и отрицательному полуосям абсцисс. Поэтому линейные модели действительны только на коротких динамических рядах, а на длинных, как в данном примере в 140 лет, линейные тренды весьма грубы, да и примитивны. Нелинейность, особенно колебания, присуща природе.



Одночленный тренд | Второй член

Третий член | Четвертый член

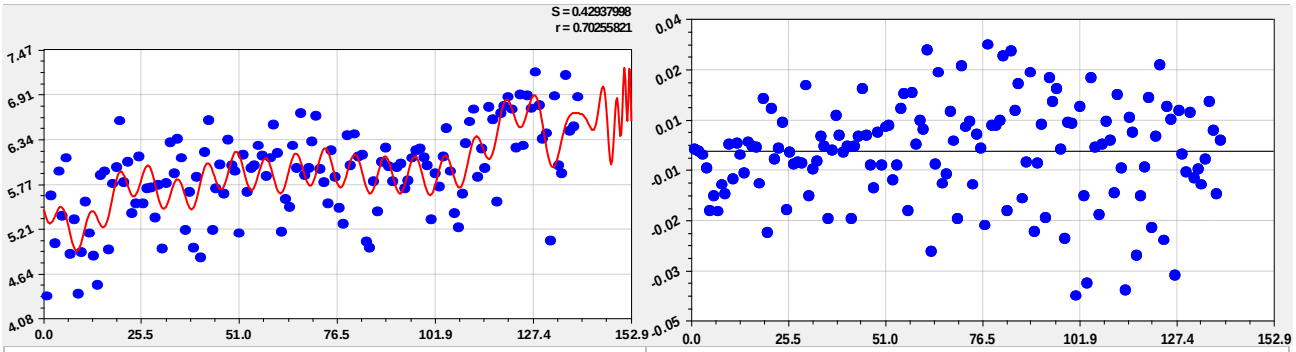


График четырех членов | Остатки после 64-го члена

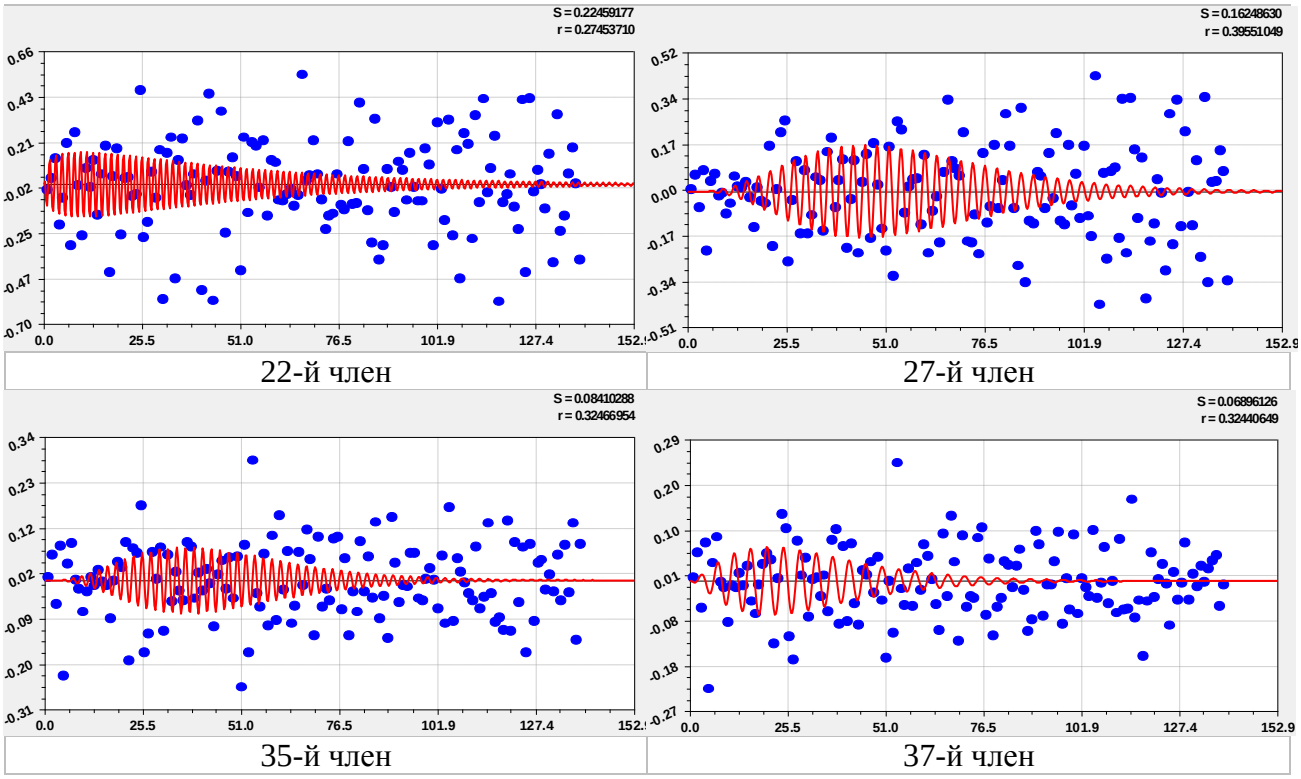
Рисунок 1. Первые члены модели динамики минимальной температуры: S - дисперсия; r - коэффициент корреляции

Как видно из общего графика для четырех членов, после 2017 года наблюдается также тремор (дрожание), но он меньше по сравнению с максимальной температурой. Оказалось, что это дрожание изменится другими вейвлетами, однако прогноз даже на эвристическом уровне неутешителен: в данной точке минимальная температура воздуха на поверхности суши Земли будет также изменяться хаотически. В итоге минимальная температура в данной точке, а значит и на всей Земле, станет предсказуемым только по всем 64 вейвлетам. В этом проявляется целостность всей системы климата.

На рисунке 1 в конце показан точечный график остатков после 64-го члена. Они стали меньше стандартной погрешности измерений температуры (0.1 ^{0}C по цене деления приборов, особенно в конце 19 века) в ± 0.05 ^{0}C.

6. Вейвлеты, не влияющие на прогноз в будущее

Покажем графики четырех наиболее характерных вейвлетов из общего количества 16 (100 16 / 64 = 25%), которые не влияют на будущее (рис. 2).



22-й член | 27-й член

35-й член | 37-й член

Рисунок 2. Вейвлеты из прошлой динамики минимальной температуры

Максимум амплитуды 22-го члена наблюдался примерно в 1890 году, а дальше амплитуда колебания постепенно снижалась, достигая в 2017 году почти до нуля. Тогда с 2018 года это колебание уже не будет влиять на динамику минимальной температуры приземного слоя воздуха. А вот 27-й член имеет четкие границы в начале и конце колебания, поэтому этот вейвлет становится конечномерным. Он начался примерно с 1878 + 12 = 1890 года и продолжится до 2020 года. Однако переход на будущее малозначителен, поэтому это колебание можно отнести также в группу не

влияющих на прогнозы. Далее 35-й член также аналогичен 27-му члену, но имеет границы влияния в прошлом от 1886 до 1988 года. Еще дальше в ретроспективе находится 37-й вейвлет.

Тогда получается, что на оси времени находятся различные вейвлеты, причем в будущем могут появится новые колебательные возмущения, начало которых находится раньше или дальше конца основания прогноза. Эта неизвестность и не позволяет полностью доверять прогнозам. Чем больше горизонт прогноза, тем меньше адекватность прогноза из-за роста квантовой запутанности.

7. Нормально влияющие на будущее вейвлеты

Из 48 вейвлетов нормальными являются 40 члена из общего количества 64 членов (100 40 / 64 = 62.5%).

Наиболее характерным для принятия нормальности является 24-й член (рис. 3). Амплитуда колебания изменяется мало (медленно возрастает или убывает, или имеет постоянную амплитуду). Из данных таблицы 2 видно, что амплитуда колебания медленно изменяется по биотехническому закону [7].

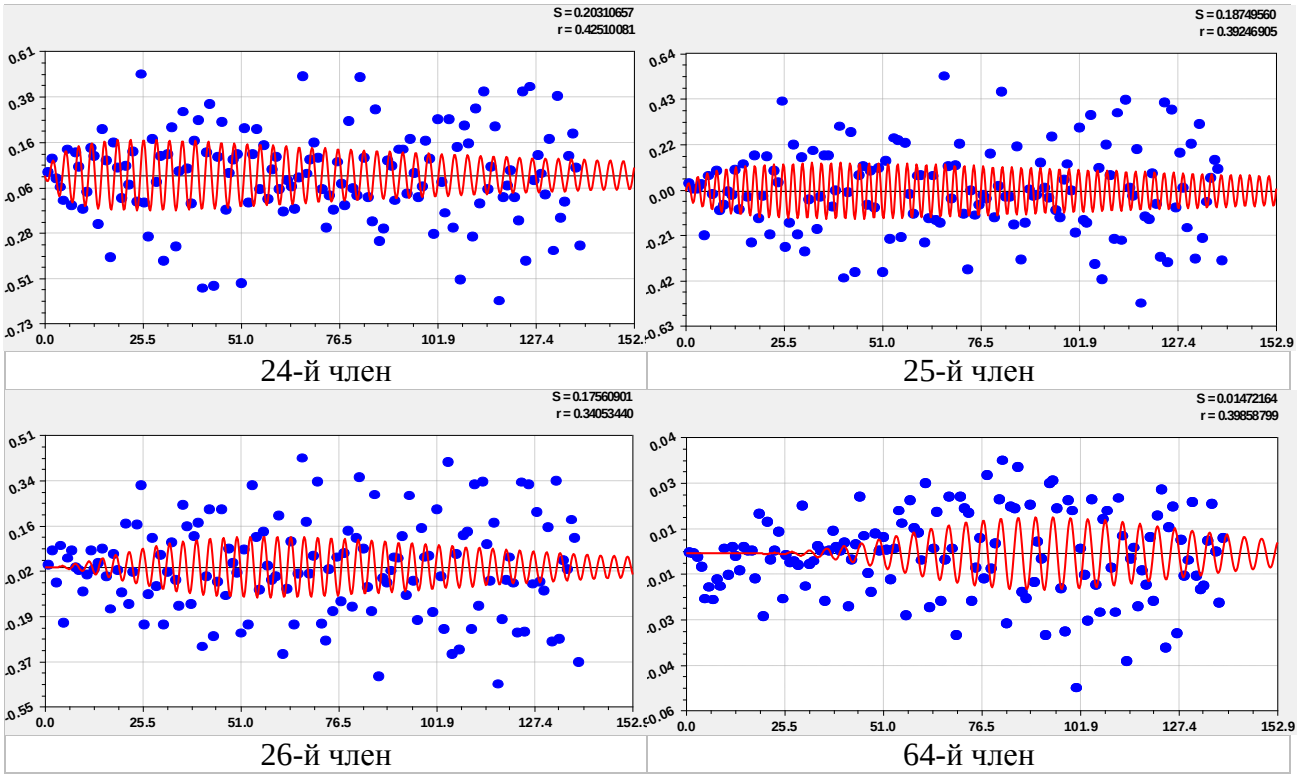


Рисунок 3. Нормальные вейвлеты динамики минимальной температуры

У остальных членов видно, что амплитуда колебания продолжается и после 2018 года. Как видно из графиков, все нормальные вейвлеты имеют по времени спокойное продолжение на будущее, при этом амплитуды колебаний в прогнозах возрастают незначительно. И это обстоятельство становится важным для прогнозирования на одну треть основания прогноза (прогноз) или на полную длину основания прогноза (ориентировочный прогноз).

8. Предкритические вейвлеты на будущее

Предкритические и критические вейвлеты являются условными. Практически их можно и не выделять, так как ряды температуры Центральной Англии потребовали применения в расчетах прогнозов всех членов общей модели (1).

На рисунке 4 даны графики четырех предкритических вейвлетов из шести (9.38%). Такими мы назвали колебания, которые относительно горизонта прогноза изменяются относительно мало в сторону увеличения по амплитуде.

Результат такого выделения вейвлетов будет известен только после прямых расчетов на горизонт прогноза в программной среде Excel. В данном примере оказалось, что предкритические и критические вейвлеты гасят друг друга, поэтому прогноз оказался возможным только по всем 64 членам. Но мы не знаем эвристическое объяснение каждому вейвлету. Поэтому ничего не можем сказать, кроме амплитудно-частотной характеристики, о характере каждого колебательного возмущения. Это – дело климатологов, изучающих Центральную Англию.

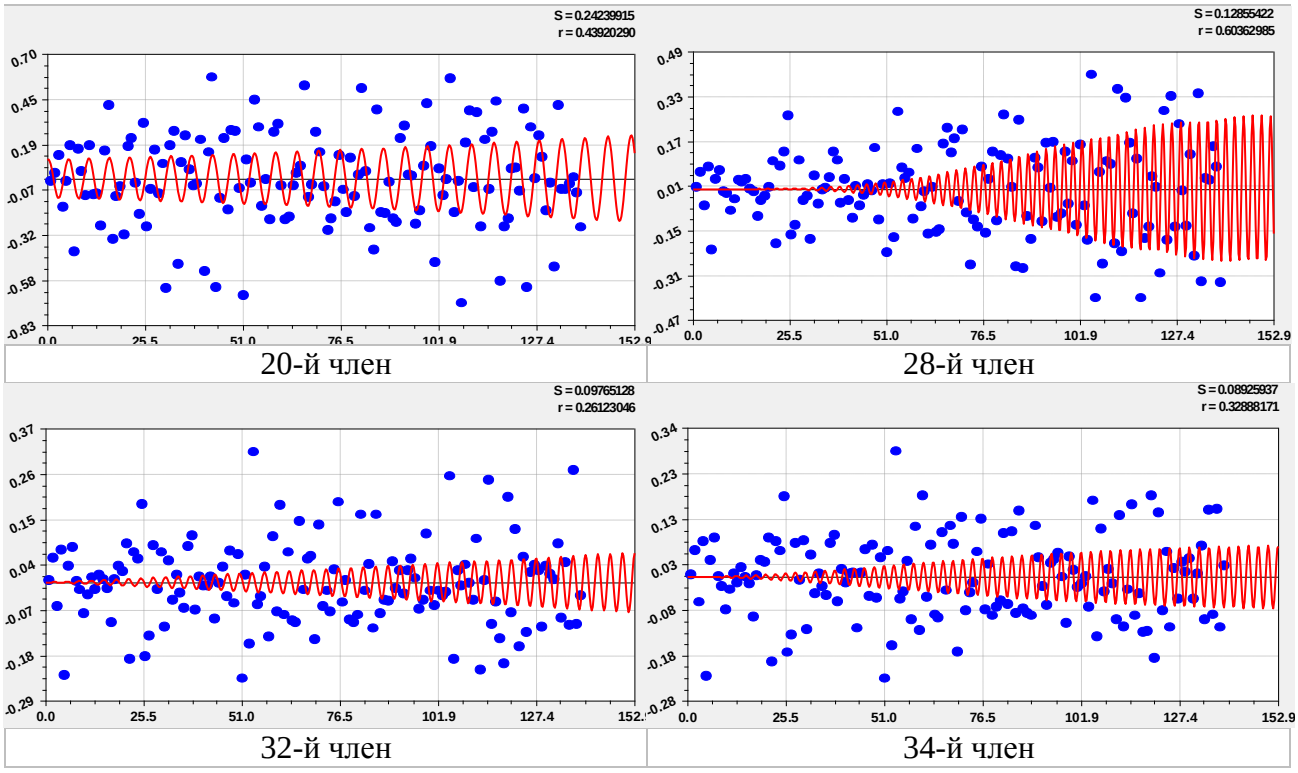


Рисунок 4. Предкритические вейвлеты динамики минимальной температуры

9. Критические вейвлеты динамики на будущее

Два критические на будущее вейвлета показаны на рисунке 5. Их в динамическом ряду по данным таблицы 1 оказалось мало (8.77% из 64 члена), но именно они определяют достижение квантовой запутанности в прогнозах.

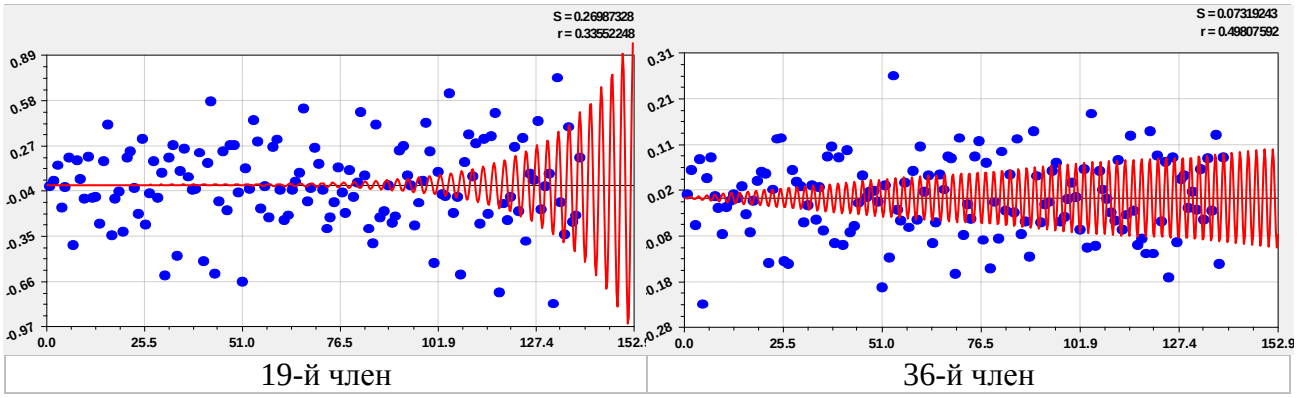


Рисунок 5. Критические в будущем вейвлеты минимальнрой температуры

Особенно интересен 19-й член. Теоретически по закону экспоненциального роста он начался намного раньше 1878 года. Но практически стал заметен с 1940 года и поэтому такой резкий рост амплитуды по закону экспоненциального роста, по-видимому, не остался незамеченным для климатологов Англии. Именно это колебание определяет волновую линию прогноза до 2100 года.

10. Прогнозы на будущее максимальной температуры

Прямыми расчетами в Excel на рисунке 6 получены графики прогнозов. Здесь, из-за нечеткости этапов изменения минимальной температуры, они были привязаны к этапам прогнозов максимальной температуры. При этом был исключен момент времени 2051, так как он аналогичен прогнозам до 2066 года. Кроме того, дополнен этап с 2088 до 2100 года.

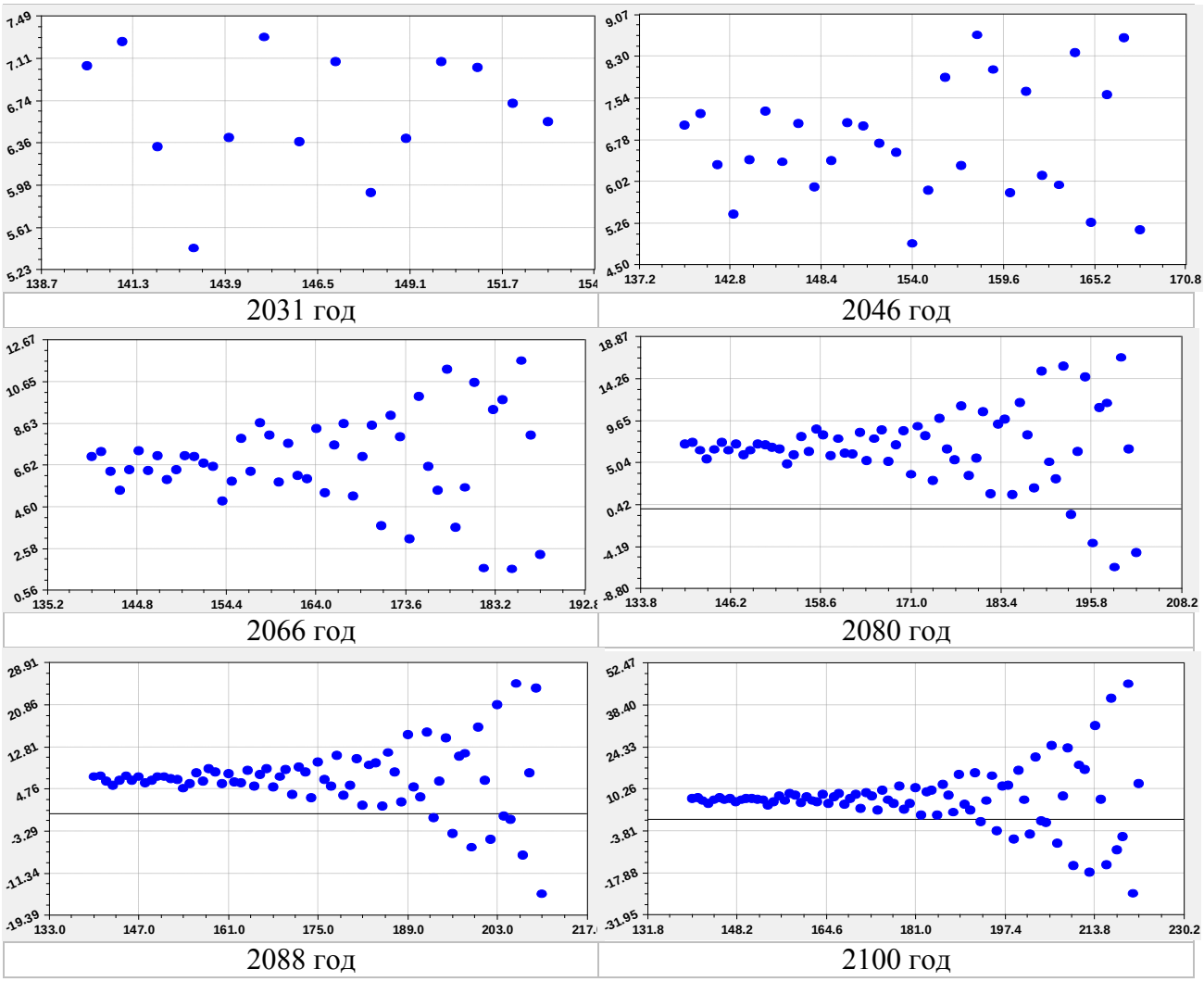


Рисунок 6. Прогнозы минимальной температуры

После 2100 года прогнозные значения температуры получают аномально высокие и низкие значения. С этого момента времени начинается сильная квантовая запутанность.

Прогноз [19] в пределах 2030-2040 о том, что произойдет снижение температуры воздуха на минимальной температуре не подтверждается. Тогда очевидно, что активность Солнца влияет больше на максимальную, чем на минимальную, температуру воздуха приземного слоя.

Первый этап с 2018 по 2031 год характеризуется дальнейшим похолоданием от 7.05 ^{0}C до 6.55 ^{0}C. Фактически за 2018 год зарегистрировано минимальная температура (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/data/download.html) в приземном слое воздуха 6.64 ^{0}C. В сравнении с 2017 годом фактическое снижение минимальной температуры стала равной 6.87 – 6.64 = 0.23 ^{0}C.

Отклонение расчетных значений по таблице 1 за 2017 год был равен 0.04% и также равно 6.87 ^{0}C. В итоге расчетное по всем знакам чисел в программной среде CurveExpert-1.40 оказывается точнее по сравнению с записью пяти значащих цифр у параметров модели (1) в таблице 2. Поэтому разница от фактического значения 6.64 ^{0}C за 2018 год расчетного по 48 уравнениям из таблицы 2 в 7.05 ^{0}C, равная 0.41 ^{0}C или 100 (7.05 – 6.64) / 6.64 = 6.17%. Тогда все прогнозы становятся несколько завышенными (по максимальной температуре заниженными), И реальная картина динамики климата на территории Центральной Англии по минимальной температуре более спокойная. С учетом завышения в моделях к 2031 году минимальная температура воздуха может достичь на 6.17% больше значения 6.55 ^{0}C и составит 6.15 ^{0}C.

На первом этапе заметен малый провал минимальной температуры до 5.42 ^{0}C в 2021 году.

На втором этапе с 2031 по 2046 годы ожидается потепление от минимума с 2018 года в 2032 году 4.88 ^{0}C до максимума 8.69 ^{0}C в 2036 году. Затем в 2046 году минимальная температура будет равна 5.13 ^{0}C. Солнечная активность [19] несколько повышает минимальную температуру, а максимальную температуру, наоборот, снижает. Возрастание с 4.88 до 5.13 ^{0}C (на 5.12%) все же малозначимо для подтверждения гипотезы Валентины Жарковой [19] (максимальная температура

снижалась на 55.32%).

Однако с 2046 начинается раскачка между наибольшими и наименьшими значениями минимальной температуры воздуха. Пока еще минимальная температура является положительной. Наименьшее значение 2.30 ^{0}С будет в 2066 году, а наибольшее 11.25 ^{0}С в 2056 году.

На следующем этапе с 2066 по 2080 год – это переход к минусовым минимальным температурам. В 2071 году минимальная температура впервые станет отрицательной и равной -0.69 ^{0}С. в 2080 году ожидается -4.84 ^{0}С.

К 2088 году произойдет переход на резко континентальный климат, когда в 2084 году будет минимальная температура 24.89 ^{0}С, а в 2088 году уже -15.37 ^{0}С.

А с 2088 по 2100 год в Центральной Англии прогнозируется превращение в засушливую пустыню. Минимальная температура в 2098 году станет равной 45.44 ^{0}С, а в следующем году минимальная температура понизится до -24.92 ^{0}С.

10. Заключение

Для каждой наземной метеостанции необходимо изучать ***точечные распределения*** метеорологических измерений, в данной статье минимальной годичной температуры Центральной Англии по данным HadCET. Динамический ряд был разложен на 64 вейвлета с максимальной относительной погрешностью 0.78%. Прямые расчеты в Excel по ним при пяти значащих цифрах в параметрах модели (1) позволили дать прогнозы по этапам до 2100 года.

Как вейвлет, любой квант поведения во времени можно отнести к двум группам: 1) происшедшие в основании прогноза до момента времени прерывания измерений, которые не влияют на прогнозируемое будущее; 2) переходящие на будущее время, и они влияют на будущее поведение объекта исследования.

В основании прогноза из 64 членов общей модели (1) разместились 16 члена, а 48 члена или 75% влияют на будущее.

Первый член из таблицы 2 двухчленного тренда является модифицированным нами [21] законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа-Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). Модернизация заключается в ведении третьего параметра модели 0.84268, который меньше 1. А для максимальной температуры был получен этот параметр интенсивности гибели 1.07413. Он показывает интенсивность экспоненциального снижения со временем максимальной температуры воздуха в Центральной Англии. Таким образом, минимальная температура растет естественным образом, а максимальная температур по второму члену тренда по показательному закону растет искусственным образом, по-видимому, за счет антропогенного влияния.

В целом четырехчленная модель (1) дает адекватность для динамики минимальной температуры воздуха с коэффициентом корреляции 0.7026 (уровень адекватности – сильная связь). Остальные члены дают разные коэффициенты корреляции, максимальный из которых 0.7498 получилось для 63-го члена, который имеет постоянный полупериод в 1.16407.

Максимальный полупериод был равен для четвертого члена 269.8 лет, а минимальный полупериод колебания был получен 0.59 лет для 21-го члена. Тогда получается, что основание прогноза в 140 лет позволяет идентифицировать волны с максимальным периодом в 540 лет.

После 2100 года прогнозные значения минимальной температуры получают аномально высокие и низкие значения. С этого момента времени начинается сильная квантовая запутанность.

Прогноз [19] в пределах 2030-2040 о том, что произойдет снижение температуры воздуха на минимальной температуре подтверждается. Тогда очевидно, что активность Солнца влияет больше на максимальную, чем на минимальную, температуру воздуха приземного слоя.

Первый этап с 2018 по 2031 год характеризуется дальнейшим похолоданием от 7.05 ^{0}С до 6.55 ^{0}С. Фактически за 2018 год зарегистрировано минимальная температура (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/data/download.html) в приземном слое воздуха 6.64 ^{0}С. В сравнении с 2017 годом фактическое снижение минимальной температуры стала равной 6.87 – 6.64 = 0.23 ^{0}С.

Отклонение расчетных значений по таблице 1 за 2017 год был равен 0.04% и также равно 6.87 ^{0}С. В итоге расчетное по всем знакам чисел в программной среде CurveExpert-1.40 оказывается точнее по сравнению с записью пяти значащих цифр у параметров модели (1) в таблице 2. Поэтому разница от фактического значения 6.64 ^{0}С за 2018 год расчетного по 48 уравнениям из таблицы 2 в 7.05 ^{0}С, равная 0.41 ^{0}С или 100 (7.05 – 6.64) / 6.64 = 6.17%. Тогда все прогнозы становятся несколько завышенными (по максимальной температуре заниженными), И реальная картина динамики климата

на территории Центральной Англии по минимальной температуре более спокойная. С учетом завышения в моделях к 2031 году минимальная температура воздуха может достичь на 6.17% больше значения 6.55 ^{0}С и составит 6.15 ^{0}С.

На первом этапе заметен малый провал минимальной температуры до 5.42 ^{0}С в 2021 году.

На втором этапе с 2031 по 2046 годы ожидается потепление от минимума с 2018 года в 2032 году 4.88 ^{0}С до максимума 8.69 ^{0}С в 2036 году. Затем в 2046 году минимальная температура будет равна 5.13 ^{0}С. Солнечная активность [19] несколько повышает минимальную температуру, а максимальную температуру, наоборот, снижает. Возрастание с 4.88 до 5.13 ^{0}С (на 5.12%) все же малозначимо для подтверждения гипотезы Валентины Жарковой [19] (максимальная температура снижалась на 55.32%).

Однако с 2046 начинается раскачка между наибольшими и наименьшими значениями минимальной температуры воздуха. Пока еще минимальная температура является положительной. Наименьшее значение 2.30 ^{0}С будет в 2066 году, а наибольшее 11.25 ^{0}С в 2056 году.

На следующем этапе с 2066 по 2080 год – это переход к минусовым минимальным температурам. В 2071 году минимальная температура впервые станет отрицательной и равной -0.69 ^{0}С. в 2080 году ожидается -4.84 ^{0}С.

К 2088 году произойдет переход на резко континентальный климат, когда в 2084 году будет минимальная температура 24.89 ^{0}С, а в 2088 году уже -15.37 ^{0}С.

А с 2088 по 2100 год в Центральной Англии прогнозируется превращение в засушливую пустыню. Минимальная температура в 2098 году станет равной 45.44 ^{0}С, а в следующем году минимальная температура понизится до -24.92 ^{0}С.

Библиографический список:

1. M.C. Alvarez-Castro, D. Faranda, P. Yiou. Atmospheric Dynamics Leading to West European Summer Hot Temperatures Since 1851. Hindawi. Complexity. Volume 2018, 10 p. https://doi.org/10.1155/2018/2494509.

2. Atmosphere and climate. http://archive.stats.govt.nz.

3. M.P. Byrne, T. Schneider. Atmospheric dynamics feedback: concept, simulations, and climate implications. https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-17-0470.1.

4. J. Ding, et.al. Monthly and annual temperature extremes and their changes on the Tibetan Plateau and its surroundings during 1963-2015. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6082912/.

5. A. Kislov, et.al. «Heat island» of the Moscow agglomeration and the urban-induced amplification of of global warming. Article *in* Vestnik MGU. Serija V, Geografia. June 2017. https://www.researchgate.net/publication/320057275.

6. G.X. Li, G. Zhou. Comparisons of time series of annual mean surface air temperature for china since the 1900s: observations, model simulations, and extended reanalysis. 2016. *https://doi.org/10.1175/bams-d-16-0092.1*.

7. 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

8. Мазуркин П.М. Вейвлет анализ динамики CO_2 за 420 миллионов лет и прогноз на 140 миллионов лет в прошлое и будущее // Научный журнал «Точная наука» 2019. №45. С. 2-19.

9. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Квантовая метеорология: факторный анализ трехчасовых измерений четырех Метеорологических параметров за 2012-2018 годы // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.15-28.

10. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Квантовая фитометеорология: факторный анализ трехчасовых измерений четырех метеопараметров за вегетационные периоды 2012-2018 годов // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.28-43.

11. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Кванты поведения метеопараметров по трехчасовым измерениям между декабрьскими солнцестояниями // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.43-58.

12. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Кванты поведения метеопараметров по трехчасовым измерениям в вегетационный период березы повислой // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.59-75.

13. B.D. Santer, et.al. Identifying human influences on atmospheric temperature. 26–33 | PNAS |

January 2, 2013 | vol. 110 | no. 1. www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1210514109/-/DCSupplemental.

14. B.A. Sinokrot, H.G. Stefan. Stream Temperature Dynamics Measurements and Modeling. Water Resources Research, V. 29, No 7, P.2299-2312.

15. R.J. Stouffer, G. Hegerl, S. Tett. A Comparison of Surface Air Temperature Variability in Three 1000-Yr Coupled Ocean–Atmosphere Model Integrations. J o u r n a l o f c l i m a t e. 1999. V. 13, pp. 513-537.

16. J. Wang, et.al. Global land surface air temperature dynamics since 1880. International Journal of Climatology. https://doi.org/10.1002/joc.5384.

17. Waves to Weather (W2W). Description of the collection. https://journals.ametsoc.org/topic/w2w.

18. D.A. Zappalà et.al. Quantifying changes in spatial patterns of surface air temperature dynamics over several decades. Earth Syst. Dynam., 9, 383–391, 2018. https://doi.org/10.5194/esd-9-383-2018.

19. Valentina Zharkova: the solar magnet field and the terrestrial climate. URL: https://watchers.news/2018/11/11/valentina-zharkova-solar-magnet-field-and-terrestrial-climate-presentation/ (Дата обращения 01.03.2019).

Мазуркин Петр Матвеевич
Докт. техн. наук, проф., Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, E-mail: kaf_po@mail.ru

Mazurkin Petr Matveevich
Doc. tech. Sciences, Prof., Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia, E-mail: kaf_po@mail.ru

УДК 551.51

ВЕЙВЛЕТ АНАЛИЗ ГОДИЧНОЙ ДИНАМИКИ СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С 1659 ПО 2017 ГОДЫ И ПРОГНОЗ ПО ДАННЫМ HADLEY CENTRE CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)

WAVELET ANALYSIS OF ANNUAL DYNAMICS OF AVERAGE TEMPERATURES FROM 1659 TO 2017 AND FORECAST DATA HADLEY CENTER CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)

Аннотация. Методом идентификации устойчивых закономерностей проведен вейвлет анализ динамики средней годичной температуры Центральной Англии по данным HadCET. Динамический ряд разложен на 188 вейвлетов с максимальной относительной погрешностью 0.53%. В основании прогноза разместились 70 члена, а 118 членов влияют на будущее. Прогноз Валентины Жарковой о том, что в 2030-2040 произойдет похолодание на средней температуре подтверждается только частично. С 2031 по 2046 годы наблюдается рост средней температуры. Активность Солнца влияет больше на максимальную, чем на минимальную и среднюю, температуру. Первый этап с 2018 по 2031 год характеризуется небольшим потеплением от 10.31 до 10.65 ^{0}C. Разница от фактического значения 10.68 ^{0}C за 2018 год расчетного по 118 уравнениям 10.31 ^{0}C, равная 0.37 ^{0}C или 3.46%. Такая малая погрешность была достигнута за счет применения 11 значащих цифр в параметрах модели. На втором этапе с 2031 по 2046 годы ожидается потепление от минимума с в 2032 году 8.32 ^{0}C до максимума 14.14 ^{0}C в 2046 году. С 2031 года при 10.65 ^{0}C на следующий 2032 год произошел спад средней температуры 2.33 ^{0}C. С 2046 по 2066 год начинается раскачка климата. Средняя температура будет положительной. Наименьшее значение 4.88 ^{0}C будет в 2065 году, а наибольшее 18.81 ^{0}C в 2066 году, то есть за год перепад температуры возрастает на 13.93 ^{0}C. На следующем этапе с 2066 по 2080 год – это переход к минусовым средним температурам. В 2070 году средняя температура впервые станет отрицательной и равной -3.08 ^{0}C. в 2080 году ожидается -13.82 ^{0}C. Переход с 2080 на 2081 год произойдет от -13.82 до 32.46 ^{0}C при перепаде в 46.28 ^{0}C. До 2088 года произойдет переход на резко континентальный климат, когда в 2084 году будет минимальная температура 49.46 ^{0}C, а в 2088 году уже -21.77 ^{0}C. А с 2088 по 2100 год в Центральной Англии прогнозируется превращение в засушливую пустыню. Средняя температура в 2098 году станет равной -80.99 ^{0}C (как в Антарктиде), а в следующем году средняя температура повысится до 101.31 ^{0}C. В 2099 году впервые средняя температура превысит 100 ^{0}C, то есть температуру кипения воды. Но, по-видимому, вплоть до 2115 года атмосфера и океан будут раскачиваться все больше. В 2112 году температура воздуха достигнет 240.68 ^{0}C, а в следующем году опустится до -239.21 ^{0}C. За эти годы океаны будут кипеть и испаряться, а после 2115 года на Земле станет космический холод в -273.15 ^{0}C. Человечество и все живое исчезнут из-за беспечности людей.

Abstract. The wavelet analysis of the dynamics of the average annual temperature of Central England according to HadCET is carried out by the method of identification of stable regularities. The dynamic series is decomposed into 188 wavelets with a maximum relative error of 0.53%. The forecast is based on 70 members, and 118 members affect the future. Forecast Valentina Zharkova about what will happen in 2030-2040 cold the average temperature is only partially confirmed. With 2031 2046 for years there has been a rise in average temperatures. The activity of the Sun affects more the maximum than the minimum and average temperature. The first stage from 2018 to 2031 is characterized by a slight warming from 10.31 to 10.65 ^{0}C. The difference from the actual value of 10.68 ^{0}C for 2018 calculated by 118 equations 10.31 ^{0}C, equal to 0.37 ^{0}C or 3.46%. This small error was achieved by using 11 significant digits in the model parameters. In the second stage, from 2031 to 2046, warming is expected from a minimum of

8.32 ^{0}C in 2032 to a maximum of 14.14 ^{0}C in 2046. From 2031 at 10.65 ^{0}C to the next 2032 there was a decline in the average temperature of 2.33 ^{0}C. From 2046 to 2066 begins the buildup of climate. The average temperature will be positive. The lowest value of 4.88 ^{0}C will be in 2065, and the highest 18.81 ^{0}C in 2066, that is, for the year the temperature drop increases by 13.93 ^{0}C. The next stage from 2066 to 2080 is the transition to sub-zero average temperatures. In 2070, the average temperature for the first time will be negative and equal to -3.08 ^{0}C. in 2080 year is expected -13.82 0S. The transition from 2080 to 2081 will occur from -13.82 to 32.46 ^{0}C with a difference of 46.28 ^{0}C. Until 2088, there will be a transition to a sharply continental climate, when in 2084 there will be a minimum temperature of 49.46 ^{0}C, and in 2088 - 21.77 ^{0}C. And from 2088 to 2100 in Central England is projected to turn into arid desert. The average temperature in 2098 will be -80.99 ^{0}C (as in Antarctica), and next year the average temperature will rise to 101.31 0C. In 2099, for the first time the average temperature will exceed 100 ^{0}C, that is, the boiling point of water. But, apparently, until 2115, the atmosphere and the ocean will sway more and more. In 2112, the air temperature will reach 240.68 ^{0}C, and next year will fall to -239.21 ^{0}C. Over the years, the oceans will boil and evaporate, and after 2115 on Earth will be space cold in -273.15 ^{0}C. Humanity and all living things will disappear because of the carelessness of people.

Ключевые слова: Центральная Англия, средняя годичная температура, динамика с 1659 по 2017 годы, вейвлет анализ, кванты поведения.

Keywords: Central England, the average annual temperature, the dynamics from 1659 to 2017, wavelet analysis, quanta of behavior

1. Введение

Беспрецедентная интенсификация экстремальных погодных условий мотивирует исследования для понимания долгосрочных климатических изменений [18]. Например, в статье [16] показана динамика температуры воздуха на поверхности суши в мире с 1880 года, дана так называемая «линейная объективная оценка». В ней «был проведен новый анализ среднегодовой глобальной температуры воздуха на поверхности Земли с 1880 года, который имеет больший охват и меньшую неопределенность, чем предыдущие распределения».

Однако мы считаем, что глобальные показатели также являются сгруппированными данными, поэтому необходимо принять вначале только точечные измерения, нами был принят наибольший ряд с 1659 по 2017 годы среднегодовой температуры Центральной Англии (ssn_HadCET_mean.txt).

Другим методологическим недостатком, например, статьи [1], является включение примитивных линейных моделей в более сложные модели атмосферной циркуляции. Причем атмосферная динамика, приводящая к западноевропейским летним жарким температурам с 1851 года, как утверждается в статье, модели атмосферной циркуляции, приводящие к наиболее интенсивным тепловым событиям, изменились за последнее столетие. Еще одним недостатком этой статьи является то, что перепады температуры снижаются путем удаления линейного тренда. Целью детрендинга является устранение эффекта хорошо задокументированного повышения температуры в Европе, не зависящее от погоды. однако такое преобразование ведет к сильному упрощению.

Тогда получается, что истинная картина динамики хорошо известного показателя скрывается за математическими ухищрениями дисперсионного анализа.

Аналогичный прием «после удаления всех глобальных средних сигналов» с помощью различных фильтров использован в статье [13]. Достоинство статьи в том, что начинается понимание квантовой запутанности [9-12] в самом динамическом ряду: «Здесь мы исследуем влияние модельных и наблюдательных неопределенностей на нашу способность идентифицировать антропогенный отпечаток в спутниковых измерениях стратосферного и тропосферного изменения температуры» [13].

Сравнение изменчивости температуры поверхностного воздуха в трех связанных интеграциях модели "океан-атмосфера" за 1000 лет [15] выполнено по линейным тенденциям. При этом изменения температуры поверхности являются самым длинным и надежным наблюдательным показателем. Запись наблюдений содержит как “сигналы”, то есть вынужденные изменения в климатической системе, так и шум, который является невозмущенной внутренней изменчивостью связанной системы океан–атмосфера–поверхность суши. Для вычисления эволюции времени вычитание линейного тренда исказило бы изменчивость паттерна. Для сравнения были использованы неизмененные наблюдения [15]. Таким образом, постепенно приходит понимание неизменности динамических рядов для получения математических уравнений.

Временные ряды глобальной или региональной температуры поверхностного воздуха имеют

основополагающее значение для исследований изменения климата [6]. Новые временные ряды также показывают замедление тенденции потепления в Китае в течение последних 18 лет (1998-2015 годы). Высококачественные климатические наборы данных являются основой для обнаружения и атрибуции климатических изменений [6]. Поэтому любые ряды должны рассматриваться без их всяких преобразований и группировок.

Усреднения и другие виды группировки, конечно же, необходимы, но они должны выполняться после вейвлет анализа неизменных динамических рядов. Например, средняя температура в Новой Зеландии [2] увеличилась со скоростью 0,95 ^{0}С за столетие, а это означает, что средняя температура в 2016 году была на 1 ^{0}С теплее, чем в 1909 году. Среднемировая температура суши выросла на 0,9-1,1 ^{0}С за тот же период времени. Эти тенденции оценивались с использованием линейной регрессии на уровне 95%. С 1909 г. самым теплым годом Новой Зеландии был 2016 г. За этот период среднегодовая температура составила 12,3 ^{0}С. За последние 20 лет было пять самых теплых лет: 1998, 1999, 2005, 2013 и 2016. В эти годы среднегодовые температуры превышали 13,1 ^{0}С [2]. Однако такое эвристическое описание допустимо, но никак не дает математические формулы. Поэтому вначале нужен вейвлет анализ и затем нужны линейные тенденции.

Причины принятия линейных трендов понятны. Главной является простота выявления линейных формул. Например, по данным [3], во всем мире усредненная обратная связь по динамике атмосферы является положительной и усиливает реакцию на температуру вблизи поверхности на изменение климата в среднем на 8% при моделировании со связанными моделями. Ограничение, связанное с бюджетом атмосферной массы, приводит к тому, что обратная связь динамики на больших масштабах невелика по отношению к обратным связям, связанным с термодинамическими процессами. Идеализированные модели воздействия показывают, что изменения циркуляции в высоких широтах потенциально более эффективны при влиянии на глобальную температуру, чем изменения циркуляции в низких широтах, и они обсуждаются как последствия для прошлого и будущего изменения климата [3].

Месячные и годовые перепады температур и их изменения были рассмотрены [4] на тибетском плато и его окрестностях в 1963-2015 гг. Экстремальные погодные и климатические явления, из которых экстремальные температуры являются одним из наиболее часто изучаемых из-за длины ряда температур, а прогнозы температуры, как правило, более устойчивы. Наблюдаемые максимумы суточной температуры и минимумы на метеостанциях были получены из центра климатических данных китая (http://cdc.cma.gov.cn/home.do). Годовые значения рассчитываются так же, как и месячные. Также применяют только линейные тренды [4]. Главной методической ошибкой выделения экстремальных значений показателя является отсутствие даты измерения с указанием часов. В итоге не удается моделировать неравномерные периоды колебаний максимумов и минимумов. Получается, что экстремальные значения относятся ко всему году, что явно неверно. Такой же недостаток имеют и ряды hadcet.

В статье [17] подытоживается, что основной темой W2W является прогнозируемость погоды. В настоящее время научными темами W2W являются "рост ошибок", "неопределенности облачного масштаба" и "предсказуемость местной погоды". Он включает в себя теоретические исследования, численное моделирование и практические исследования процессов, основанные частично на передовых статистических методах. Цель W2W состоит в том, чтобы определить пределы предсказуемости погоды и подготовить наилучшие прогнозы, которые физически возможны. В центре внимания W2W находятся наиболее важные причины сохраняющихся неопределенностей в прогнозировании погоды [17].

Сложная модель приведена в статье [14]. По ней энергетический баланс учитывает влияние температуры воздуха, солнечной радиации, относительной влажности, облачности и скорости ветра на чистую скорость теплообмена через поверхность воды, а также теплопроводность между водой и руслом реки. Показано, что воздействие потока на солнечную радиацию варьируется от 30 до 100%, а воздействие ветра от 10 до 30% в зависимости от характера потока. Значения связаны с шириной потока и сезоном из-за изменчивого листового покрова деревьев на потоках. После калибровки точность почасовых и суточных прогнозов температуры воды в течение нескольких недель составляет порядка 0.2-1 °С.

В заключение о влиянии температуры укажем, что возможно рассмотрение и городского климата в отдельности. Например, по данным [5], интенсивность острова тепла города Москвы, характеризуемая данными приземных наблюдений, усилилась в последние 15 лет, причем несмотря

на паузу в глобальном потеплении. Обнаружено, что по вертикали острова прослеживаются до высоты 2 км. В летнее время нижняя часть острова тепла представляет собой остров сухости, в то время как верхняя часть острова тепла соответствует острову влажности. Зимой в нижней части острова тепла выделяется остров влажности [5].

Любое явление или процесс можно оценивать по уровню адекватности (коэффициенту корреляции) разложения функциональной связности климата на квантовую распутанность (определенность), а отношения между параметрами климата и даже прогнозирование после определенного момента времени дадут квантовую запутанность. При прогнозировании на горизонт прогноза, равный трети или полной длине основания прогноза [8], из множества вейвлетов появляются колебания, которые из-за резко повышающейся амплитуды дают квантовую запутанность.

В данной статье различаются кванты поведения первого вида. В динамике каждый фактор (в данной статье средняя годовая температура с 1659 по 2017 годы) расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн (солитонов) и этот процесс характеризуется как ***квантовая распутанность (определенность).*** Причем каждый вейвлет является отдельным квантом поведения. По времени они относятся к бесконечномерным или конечномерным вейвлетам (солитонам, уединенным волнам). Прогнозирование с увеличением горизонта прогноза до длины основания прогноза дает переход от определенности к квантовой запутанности.

Это мы покажем при прогнозе средней годовой температуры в будущее от 2018 по 2088 годы (70 лет) от основания прогноза в 2017 – 1659 = 359 лет. Таким образом, из-за усреднения горизонт прогноза не изменился, хотя основание прогноза увеличился в 359 / 140 = 2.56 раза. Конечно же, особенно неприемлемы 10-летние усреднения, не имеющие никакого физического смысла. поэтому мы не рекомендуем любые средние, даже годовые. Прогноз максимальных температур Центральной Англии оказался более содержательным. Поэтому эти же этапы были сохранены для средней годовой температуры.

Любой квант поведения, как отдельный вейвлет, во времени можно отнести к двум группам: 1) происшедшие в основании прогноза до момента времени измерений, которые не влияют на прогнозируемое будущее; 2) переходящие на будущее время, и они влияют на будущее поведение объекта исследования.

Вторая группа вейвлетов образует набор уравнений ***прогнозной модели***. Расчеты по ним, по мере роста горизонта прогноза дают высокую ***критическую квантовую запутанность*** из-за резкого роста амплитуды у некоторых колебаний. Постепенно снижая горизонт прогноза от длины основания, приходим расчетами к ***умеренной квантовой запутанности***. Далее уменьшая горизонт прогноза со всеми вейлветами нормальные прогнозы с ***низкой квантовой запутанностью***. Таким образом, можно взять все идентифицированные вейвлеты без предварительной сортировки, а затем, снижая горизонт прогноза, получаем наиболее достоверные прогнозы.

При таком подходе в таблице параметров модели можно исключить те вейвлеты, которые характерны для времени в основании прогноза и произошли от начала до конца основания прогноза. А оставшиеся уравнения в дальнейшем будем разделять на три группы: ***нормальную*** (без учета предкритических и критических вейвлетов)***, предкритическую*** (без учета критических вейвлетов) ***и критическую*** (все переходящие на будущее вейвлеты) ***прогнозные модели***. Однако расчеты в Excel показала, что метод исключения критических вейвлетов повышает погрешность моделирования. Поэтому можно оставить выделение трех групп вйевлетов, но расчеты для прогнозов выполнять по всем членам модели.

2. Исходные данные

Данные приведены в таблице 1 (ssn_HadCET_mean.txt).

Таблица 1. Средняя годовая температура (по данным HadCET)

№ п/п	Год	Время τ, лет	t, ^{0}C	Остатки ε_{64}	Относительная погрешность Δ, %
1	1659	0	8.87	0.0154498	0.17
2	1660	1	9.10	0.0101549	0.11
3	1661	2	9.78	0.0164908	0.17
4	1662	3	9.52	-0.0336946	-0.35
5	1663	4	8.63	0.0102561	0.12
…	…	…	…	…	…
187	1845	186	8.30	0.0442371	**0.53**
250	1908	249	9.28	0.0494121	**0.53**
…	…	…	…	…	…
355	2013	354	9.61	0.0157168	0.16
356	2014	355	10.95	-0.00852541	-0.08
357	2015	356	10.31	-0.0147282	-0.14
358	2016	357	10.34	-0.0153598	-0.15
359	2017	358	10.58	0.00989544	0.09

Всего было получено методом идентификации [7] 188 составляющих общей модели (1). Остатки в таблице 1 вычислены как разность между фактическими и расчетными данными. Тогда относительная погрешность после последнего 188-го члена равна $\Delta = 100\varepsilon_{188}/t$. Максимальная относительная погрешность общей модели по данным таблицы 1 будет равна 0.53% для 1845 и 1908 годов. При этом максимальная абсолютная погрешность (остатки) меньше ± 0.05 ^{0}C.

По интервалам относительной погрешность общее количество 359 значений без учета знака из таблицы 1 распределилось следующим образом: 0-0.1% – 163 шт.; 0.1-0.2% – 121; 0.2-0.3% – 49; 0.3-0.4% – 16; 0.4-0.5% – 7; более 0.5% – 3 шт. Таким образом, в пределах от 0 до ± 0.5 % относительной погрешности расположились 356 или 99.16% значений средних годовых температур.

3. Вейвлет анализ

Любой динамический ряд нами понимается как череда сигналов. Время $\tau = 0$ принимается с начала отсчета основания прогноза с 1659 года. Тогда получаем положительную ось абсцисс.

Вейвлет сигнал, как правило, любой природы (объекта исследования) математически записывается волновой формулой [7] вида

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

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (1), m – количество членов в модели (1), в нашем случае равен 57, x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \ldots a_8$ – параметры модели, принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40 (URL: http://www.curveexpert.net/), A_i – амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

По формуле (1) 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 вейвлет-сигнала позволяет абстрагироваться от физического смысла многих статистических рядов измерений и рассматривать их аддитивное разложение на составляющие в виде суммы отдельных вейвлетов.

Сигнал – это материальный носитель информации. А информация нами понимается как ***мера взаимодействия***. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен. Сигналом может быть любой физический процесс или его часть. Получается, что изменение множества неизвестных сигналов давно известно, например, через ряды метеорологических измерений. Однако до сих пор нет статистических моделей как динамики параметров погоды.

На информационно-технологическом уровне 23-я проблема Гильберта (развитие методов

вариационного исчисления) нами была решена [7].

При этом ***вариация функций*** сводится к осознанному отбору устойчивых законов и конструированию на их основе адекватных устойчивых закономерностей. Мы придерживаемся концепции Декарта о необходимости применения алгебраического уравнения общего вида (1) напрямую как конечного математического решения неизвестных дифференциальных или интегральных уравнений.

4. Закономерности динамики среднегодовой температуры воздуха

Год показывает один цикл обращения Земли вокруг Солнца. Причем средняя температура не зависит от момента времени в данном году. Но максимальные или минимальные значения температуры приземного слоя атмосферы должны указываться конкретным моментом времени (год, месяц и число, часы и минуты). Это позволило бы намного точнее идентифицировать уравнения максимумов и минимумов температуры воздуха по неоднородности периода колебания. В каждом году летом происходит сдвиг максимальной температуры, а зимой сдвиг минимальной температуры. Это значительно повысит точность статистического моделирования по сравнению среднегодовыми значениями.

В основании прогноза из 188 членов общей модели (1) разместились 118 членов, которые влияют на будущее (табл. 2).

Таблица 2. Параметры моделей динамики средней температуры

(оставлены вейвлеты, влияющие на будущее)

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
1	8.51389	0	8.86579e-5	1.68403	0	0	0	0	0.5989
2	0.016511	1.06815	0	0	0	0	0	0	
3	-0.54696	0	0.013157	0.87667	38.53375	-0.024340	1.15824	2.95386	
4	0.42289	0	0.0055189	1	11.86913	0	0	0.34359	
6	0.0069525	0	-0.021136	0.88995	124.76741	-0.19446	1.00294	-6.18385	0.1760
7	-0.065086	0	-0.0018482	1	5.58265	0	0	2.01274	0.1263
8	-0.23994	0	0.0022220	1	7.37778	0.00034761	1.04474	-3.65164	0.2299
9	0.010866	0	-0.0035339	1.15337	10.12425	0.0012801	0.95498	1.60152	0.1285
10	-0.020472	0	-0.050717	0.67597	3.88835	0	0	0.69470	0.2131
11	-0.17155	0	0.0024722	1	3.69646	-9.55016e-6	1	0.20784	0.1695
12	-0.15961	0	0.0022347	1	2.51969	0	0	-0.34557	0.1649
13	-0.15582	0	0.00013788	1.51102	1.00948	0	0	0.12854	0.1673
14	-0.10973	0	0.00070149	1	4.10737	0	0	-1.06786	0.1459
15	-0.078782	0	-0.0012062	1	1.54681	0	0	0.84733	0.1674
17	0.096155	0	-0.0012574	0.72345	6.52461	-0.0035266	0.72858	-1.14306	0.1564
18	0.19228	0	0.0044624	1	1.69462	4.48719e-6	1	-0.36590	0.1651
19	-0.093517	0	-0.00065998	1	1.40615	3.11743e-8	1	-1.22986	0.1677
20	-0.049974	0	-0.00010810	1.60046	2.85758	0	0	1.24414	0.1579
21	-0.13475	0	0.0028725	1	7.03967	0	0	-0.67585	0.1426
22	0.15908	0	0.0018830	1	0.95599	0	0	-1.75655	0.1945
23	0.11282	0	0.0016055	1	1.05756	0	0	-2.26542	0.1446
24	0.081719	0	0.00072956	1	4.55677	0.0016170	0.73410	0.97400	0.1224
25	-0.11410	0	5.31810e-5	1.57481	1.48635	0	0	0.94768	0.1609
26	0.021442	0	-0.10612	0.63476	2.26915	0	0	4.34966	0.1456
28	-0.056241	0	-0.019536	0.62549	3.16466	0	0	-1.73461	0.1673
29	0.099920	0	0.00070601	1	14.62073	0.0044034	1.08707	2.72879	0.1594
30	-0.14654	0	0.0036430	1	2.58078	3.62895e-5	0.99990	-1.26467	0.1725
31	0.090310	0	0.0015250	1	2.99834	0	0	0.67239	0.1312

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
32	0.671138	0	0.71622	0.21951	1.24968	0	0	-1.19353	0.1850
34	0.068326	0	-0.0021965	1	0.51008	1.52670e-7	1	0.32921	0.1383
35	0.031556	0	-0.0017156	0.98008	4.01874	-4.62794e-5	0.90994	-1.33744	0.0829
36	0.039272	0	-0.0012893	1	4.42704	0	0	-2.72856	0.0985
37	0.0035536	0	-0.52371	0.32061	2.71635	0	0	2.42246	0.1282
39	-0.11745	0	0.0021291	1	9.41256	-0.00083750	1.14903	-0.76522	0.1666
41	0.0066638	0	-0.15670	0.51370	3.55109	0	0	3.69403	0.1717
42	-0.0030729	0	-0.050674	0.68822	2.94332	0	0	2.12708	0.0556
43	0.088744	0	0.0021003	1	5.02387	0.0082603	0.50191	-0.61600	0.1323
44	-0.055258	0	0.00077909	1	13.78730	0.022718	0.54541	2.41864	0.1011
45	-0.050736	0	0.00043160	1	3.31869	-0.00030121	0.91609	6.24127	0.0991
46	-0.076948	0	0.0017598	1	2.45807	1.08632e-6	1	-2.12095	0.1227
47	-0.042553	0	-0.00033325	1.01378	2.80788	0	0	1.62206	0.0968
48	0.0010848	0	-0.23026	0.53245	0.84239	0	0	4.31576	0.1827
50	-3.84695e-8	0	-0.033051	1.04698	1.58297	0	0	5.07837	0.0871
51	-0.031262	0	-0.0031605	0.94939	2.63487	0	0	1.87524	0.1116
52	0.042698	0	-0.0013080	1	2.55451	0	0	-1.84683	0.1211
53	-0.11289	0	0.00074343	1	0.70395	0	0	-2.86035	0.2210
54	-0.088302	0	0.00038785	1	1.78107	0	0	-5.59294	0.1880
55	0.026590	0	-7.17547e-5	1	4.32668	-8.15621e-5	1	0.63676	0.0626
56	-0.026577	0	-0.00030959	1	2.39490	0	0	-0.43536	0.0653
57	0.0022914	0	-0.030787	0.82121	8.72433	-0.014206	0.77840	-4.06257	0.0995
58	0.038961	0	0.0011401	1	4.72441	0.00032793	1.05372	3.06293	0.0755
59	-0.023338	0	-0.050766	0.40683	3.45600	0	0	0.21555	0.0823
60	-0.0098069	0	-0.83467	0.10404	100.03391	-0.0017896	1.48119	-0.48610	0.0953
61	0.052693	0	0.0029597	1	11.20018	0.00099622	1	1.40849	0.0803
62	-0.025111	0	-0.00050433	1	23.67879	-0.0025008	1.00727	-0.39679	0.0649
65	0.030196	0.39247	0.00037853	1.48089	1.99143	0	0	-0.53799	0.2414
72	-4.80167e-8	2.67210	0.00028922	1.37234	1.03576	0	0	2.41770	0.1929
75	0.0044782	0.46558	0.00052005	1	1.02203	-5.13787e-8	1	-0.74303	0.1467
78	0.00039221	1.25273	0.029858	0.75691	0.77130	0	0	1.03468	0.1668
81	-0.0053696	0.77531	0.023800	0.82482	6.28391	-0.0048462	0.79104	-1.26039	0.1764
83	-2.93932e-9	3.57909	0.0074151	1.08855	1.25300	0	0	-0.038448	0.1427
84	8.16465e-10	4.40841	0.015029	1.07031	1.27968	0	0	-4.47294	0.3506
87	7.29331	3.17958	0	0	2.08836	0	0	1.59081	0.1425
89	4.92511e-9	3.69312	0.018031	1.00294	3.34169	0	0	0.52136	0.1129
90	-0.00033536	1.36078	0.049136	0.75524	3.64634	0	0	1.81751	0.1126
91	-0.0075306	0.17700	0.00052625	1	3.76159	0	0	-1.30373	0.0676
95	6.29640	1.68535	0.00093272	0.77325	1.90976	0	0	-0.73897	0.2351
96	-2.78449e-14	10.46345	5.07297	0.31325	1.19539	0	0	-0.41854	0.4372
98	-6.70252	3.10789	0.0016851	1.38670	1.34270	0	0	1.37920	0.2332
99	-3.81612e-7	2.15790	0	0	1.13096	0	0	-5.52151	0.2768
100	-6.00448e-130	62.08688	0.18562	1.00909	1.37821	0	0	2.32808	0.3128
102	-1.99283e-8	3.52767	0.015407	1.04171	1.95343	0	0	2.63092	0.2228
103	2.61332	15.66954	31.07380	0.19466	0.84809	0	0	-0.81102	0.2024
104	-1.21614e-13	5.89622	0.019237	1.02870	1.50536	0	0	-3.59947	0.2413
111	1.99375e-7	4.10327	0.67225	0.18646	1.53801	0	0	-0.86399	0.4477

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
113	7.54239e-47	22.18961	0.034300	1.14512	2.04038	0	0	-4.64503	0.2570
118	0.00041405	0.75555	0	0	2.88294	0	0	-2.02839	0.2010
119	0.0065381	0.70589	0.34540	0.39254	1.43651	0	0	-1.09076	0.1584
122	3.83936e-9	3.95937	0.13874	0.67439	1.04833	0	0	3.17323	0.2751
123	1.08470e-6	3.50102	1.15692	0.37309	1.06265	0	0	2.81805	0.2492
124	-5.00828e-32	14.75176	0.020577	1.15064	1.17145	0	0	-1.99978	0.5294
125	1.05424e-82	31.76850	0	0	1.26778	0	0	-2.61724	0.2263
127	-0.0077372	0	0.0014259	1	66.92943	-0.0025224	1.20914	-0.89540	0.0781
131	5.52833e-14	6.06551	0.024648	1.00458	1.30465	0	0	-1.97763	0.3216
132	0.0019714	0.35664	0.00084931	1	1.46894	0	0	1.48978	0.1464
135	-2.22310e-12	5.00278	0.020041	1.01318	3.52757	0	0	-2.73619	0.1058
138	-1.54879e-13	4.35959	0	0	8.70482	0	0	-2.75182	0.1073
141	-0.0033949	0.35524	8.42373e-5	1	2.75764	0	0	-0.057539	0.3306
142	2.99105e-6	1.94181	0.010411	0.97593	2.68446	0	0	-0.25921	0.1858
143	1.81622e-8	2.76205	0.0015517	1.24930	2.59396	0	0	0.94006	0.2134
144	-0.011579	0.13989	0.0030588	0.69286	0.69286	8.44764e-7	1	0.0038767	0.2532
145	-0.0028846	0.28799	0	0	3.16732	0	0	-0.77911	0.2291
148	-3.84675e-16	6.50663	0.014939	1.03606	0.79983	0	0	2.47997	0.2437
151	1.49297e-7	2.05336	0	0	0.64945	6.17893e-9	1	-0.58984	0.2505
152	0.00028151	0.83846	0.0059952	0.93921	1.03026	0	0	-0.70627	0.1950
153	0.00027357	0.73205	0.0064610	0.83649	1.22889	0	0	1.21125	0.1532
154	2.53541e-7	1.95244	0	0	1.14161	6.32150e-9	1	3.62000	0.2548
158	0.0010501	0.27188	0	0	2.24907	0	0	-0.77750	0.1197
160	-0.0016372	0.43017	0.084518	0.42880	0.35124	0	0	-0.18041	0.1626
166	4.98165e-8	2.46261	0.0075193	1.00280	1.45094	0	0	-2.29769	0.1175
167	3.85684e-8	2.75601	0.010492	1.04969	1.40391	0	0	-2.26004	0.1054
170	8.13861e-6	1.54696	0.00040140	1.41970	1.07373	0	0	-1.19029	0.3257
171	-1.92029e-6	1.91309	0.010585	1	1.12753	-3.52506e-5	1	-0.14092	0.1551
172	-5.52666e-5	0.94229	0.0034646	0.99626	5.65157	0.00015028	1.00635	-0.13885	0.1045
173	-4.50256e-10	3.48219	0.0090951	1.00024	6.32302	-7.05891e-6	1	-6.17452	0.2383
174	9.37524e-12	3.63128	0	0	1.54563	0	0	0.40952	0.2014
175	-2.13305e-16	5.45227	0	0	2.00029	0	0	5.01305	0.1632
177	-3.83328e-5	0.90728	0.00026011	1	28.71945	-0.0022984	0.99913	1.17269	0.1421
178	-3.10894e-9	3.11496	0.0095751	1.00699	4.15535	0	0	3.47533	0.1859
179	8.11215e-9	2.37108	0.00080322	1.00426	4.38802	0	0	3.63621	0.0983
180	-8.23151e-5	0.88767	0	0	1.00188	2.41297e-8	1	-0.42228	0.2179
181	-8.88712e-9	2.31139	0	0	1.04972	0	0	2.08005	0.1096
182	8.06199e-8	2.60825	9.9981417	1.04709	1.20668	0	0	-2.06813	0.2578
183	-4.80526e-9	2.52859	0	0	1.26758	0	0	-2.56813	0.2678
184	-4.42479e-12	4.60118	0.011790	1.02527	1.69716	0	0	-3.41214	0.4368
185	-1.10951e-7	2.67847	0.015957	0.99120	1.81954	0	0	-2.40509	0.2275
187	5.08009e-14	5.83779	0.020356	1.04333	1.12398	0	0	-1.24225	0.2293
188	-4.04015e-9	2.93738	0.0069207	1.02327	14.50703	-0.00058856	1.01308	3.86594	0.2047

Примечание: курсивом выделены предкритические, а полужирным – критические вейвлеты.

Отрицательный знак перед составляющей модели показывает, что она является кризисной для повышения значений средней температуры приземного слоя воздуха. Всего таких членов 61 (табл. 2). Остальные 57 членов имеют положительный знак и это указывает на стремление повысить значения средней температуры в данной точке Земли.

Первые два члена по конструкции одинаковы с максимальной температурой, и они образуют тренд, который является частным случаем вейвлета при многократном превышении полупериода колебания основания прогноза в 359 лет. В динамическом ряду, вне зависимости от его длины, всегда появляется тренд, как малый отрезок колебания с намного более длинным периодом колебания. В итоге тренд становится незавершенной волной.

Первый член из таблицы 2 двухчленного тренда является модифицированным нами [7] законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа-Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). Модернизация заключается в ведении третьего параметра модели 1.68403, который показывает экспоненциальное снижение средней температуры (для максимальной температуры был равен 1.07413), который в известных законах равен 1.

Как правило, первый член модели является естественной составляющей, а второй и последующие члены модели (1) показывают биотехническое, в частности и антропогенное, влияние. Второй член по показательному закону роста дает динамический рост максимальной температуры воздуха.

Тогда получается, что тренд показывает влияние двух сил: по первому члену происходит глобальное похолодание (влияние космоса на земную атмосферу), а по второму – глобальное потепление (влияние самой Земли и человечества).

Третий и четвертый члены имеют амплитуду колебания по закону экспоненциальной гибели, причем третий член является модифицированным нами законом Лапласа. Поэтому оба вейвлета являются бесконечномерными, так как из-за закона Лапласа (четвертый член) изменение амплитуды показывает продолжение значений до 1659 и после 2017 года. Негативным является то, что период третьего члена снижается, начиная от $2\times 38.53375 \approx 77.1$ лет в 1659 году. У четвертого члена наблюдается постоянный полупериод колебания в 11.86913 лет.

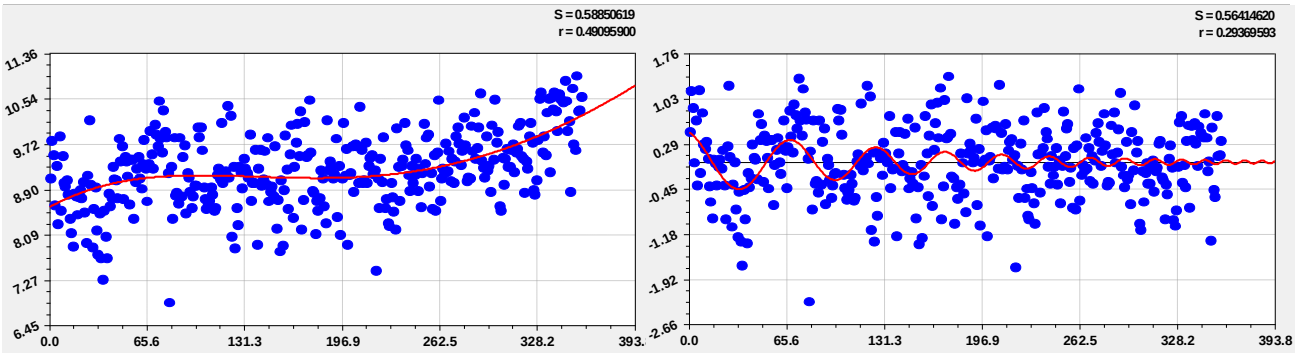
Любой постоянный период можно сравнивать с космологическими колебаниями. В четвертом члене период в 23.74 лет сравним с циклом обращения ядра Солнца вокруг самого себя (примерно 22.6 лет). А полупериод 11.86913сравним с циклом солнечной активности в среднем 11.3 лет.

В целом четырехчленная модель (1) дает адекватность для динамики среднегодовой температуры воздуха с коэффициентом корреляции 0.5989 (уровень адекватности – средняя связь). Остальные члены дают разные коэффициенты корреляции, максимальный из которых 0.5294 получилось для 124-го члена.

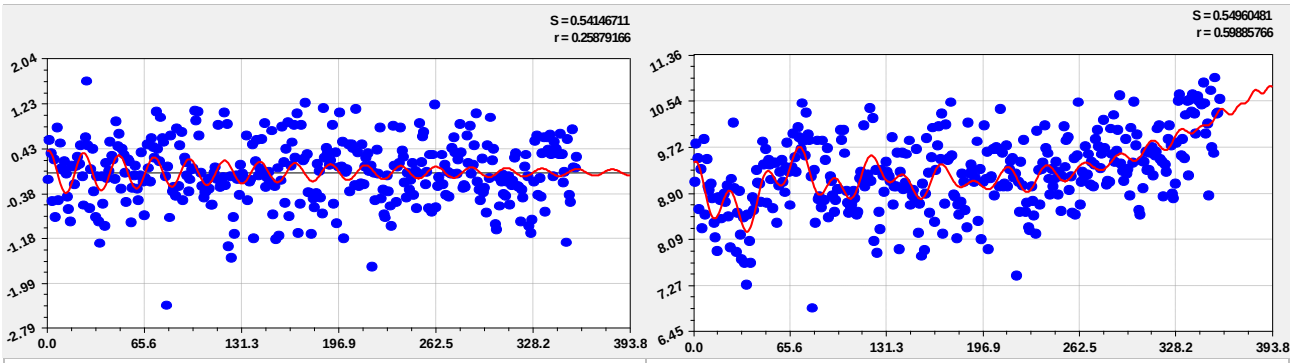
В таблице 2 максимальный полупериод 124.76741 лет был для шестого критического члена, а минимальный полупериод колебания был получен 0.35124 лет для 160-го члена. Тогда получается, что основание прогноза в 359 лет позволяет идентифицировать волны с максимальным периодом в 250 лет. В итоге динамический ряд в 359 лет становится избыточным по длине основания прогноза.

5. Первые закономерности динамики средней температуры

Тренд содержит два члена (рис. 1) и получил коэффициент корреляции 0.4910, что меньше 0.5523 для одночленного тренда минимальной температуры и 0.6003 для двухчленного тренда максимальной температуры.



Двухчленный тренд	Третий член



Четвертый член | График четырех членов

Рисунок 1. Первые члены модели динамики средней в году температуры: S - дисперсия; r - коэффициент корреляции

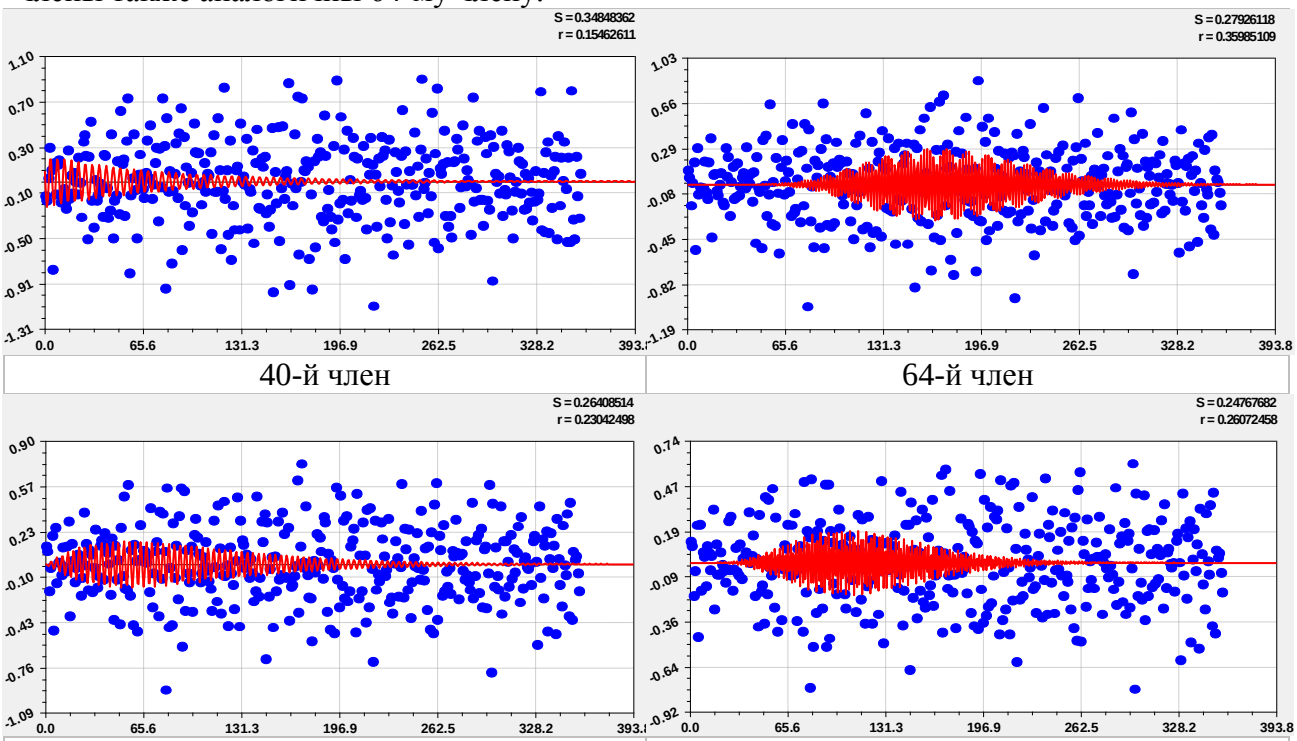
Во всех членах модели (1) закономерности явно нелинейные, поэтому попытки применять линейные модели в климатологии мы считаем явным упрощенчеством. Хотя линейное уравнение имеет коэффициент корреляции 0.4247 (0.5510 для минимальной и 0.5610 для максимальной температуры), однако в методе идентификации [7] нами линейная модель применяется только как начало процесса моделирования. Причина аппроксимации линейными трендами кроется в одном, – они универсальны к обоим полуосям абсцисс. Поэтому линейные модели применимы на коротких динамических рядах, а на длинных, как в данном примере в 359 лет, линейные тренды весьма примитивны. Нелинейность, особенно колебания, присуща природе.

6. Вейвлеты, не влияющие на прогноз в будущее

Покажем графики четырех наиболее характерных вейвлетов из общего количества 70 (100 70 / 188 = 37.23%), которые не влияют на будущее (рис. 2).

Максимум амплитуды 40-го члена наблюдался в 1659 году и был равен 0.23 ^{0}С. Затем по закону Лапласа амплитуда колебания снижалась почти до нуля к 2017году. Тогда с 2018 года это колебание уже не будет влиять на динамику средней температуры приземного слоя воздуха.

А вот 64-й член имеет четкие границы в начале и конце колебания из-за изменения амплитуды по биотехническому закону [7], поэтому этот вейвлет становится конечномерным. Он начался примерно с 1659 + 60 = 1719 года и продолжился до 2000 года. При этом за 2000 - 1719 = 281 год существования это колебание имело постоянный период в $2 \times 1.07965 \approx 2.16$ лет. Далее 66-й и 68-й члены также аналогичны 64-му члену.



40-й член | 64-й член

66-й член | 68-й член

Рисунок 2. Вейвлеты из прошлой динамики средней температуры

Тогда получается, что на оси времени находятся различные вейвлеты, причем в будущем появятся новые колебательные возмущения, начало которых находится раньше или дальше конца основания прогноза. Эта неизвестность и не позволяет полностью доверять прогнозам. Чем больше горизонт прогноза, тем меньше адекватность прогноза из-за роста квантовой запутанности.

7. Нормально влияющие на будущее вейвлеты

Наиболее характерным для принятия нормальности является 170-й член (рис. 3). Амплитуда колебания изменяется мало (медленно возрастает или убывает, или имеет постоянную амплитуду). Из данных таблицы 2 видно, что амплитуда колебания медленно изменяется по биотехническому закону [7]. При этом максимум находится внутри основания прогноза и поэтому в будущем такие колебания получают близкую к нулю амплитуду.

У остальных членов видно, что амплитуда колебания продолжается и после 2018 года. Как видно из графиков, все нормальные вейвлеты имеют по времени спокойное продолжение на будущее, при этом амплитуды колебаний в прогнозах возрастают незначительно. И это обстоятельство становится важным для прогнозирования на одну треть основания прогноза (прогноз) или на полную длину основания прогноза (ориентировочный прогноз).

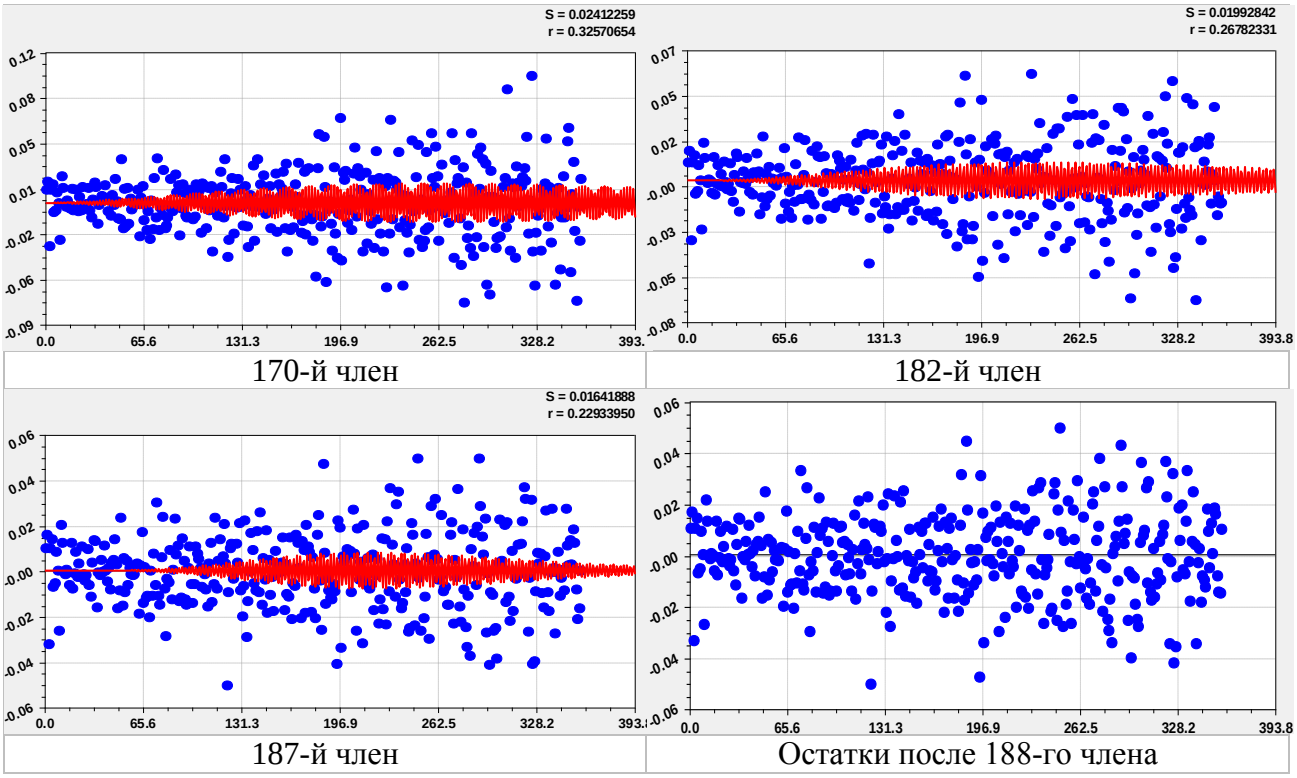


Рисунок 3. Нормальные вейвлеты динамики средней температуры

На рисунке 1 в конце показан точечный график остатков после 188-го члена. Они стали меньше стандартной погрешности измерений температуры (0.1 ^{0}C по цене деления приборов, особенно в конце 19 века) в ± 0.05 ^{0}C.

8. Предкритические вейвлеты на будущее

Предкритические и критические вейвлеты являются условными. Практически их можно и не выделять, так как ряды температуры Центральной Англии потребовали применения в расчетах прогнозов всех членов общей модели (1).

На рисунке 4 даны графики четырех предкритических вейвлетов. Такими мы назвали колебания, которые относительно горизонта прогноза изменяются относительно мало в сторону увеличения по амплитуде.

Результат такого выделения вейвлетов будет известен только после прямых расчетов на горизонт прогноза в программной среде Excel. В данном примере оказалось, что предкритические и критические вейвлеты гасят друг друга, поэтому прогноз оказался возможным только по всем 188 членам. Но мы не знаем эвристическое объяснение каждому вейвлету. Поэтому ничего не можем сказать, кроме амплитудно-частотной характеристики, о характере каждого колебательного возмущения. Это – дело климатологов, изучающих Центральную Англию.

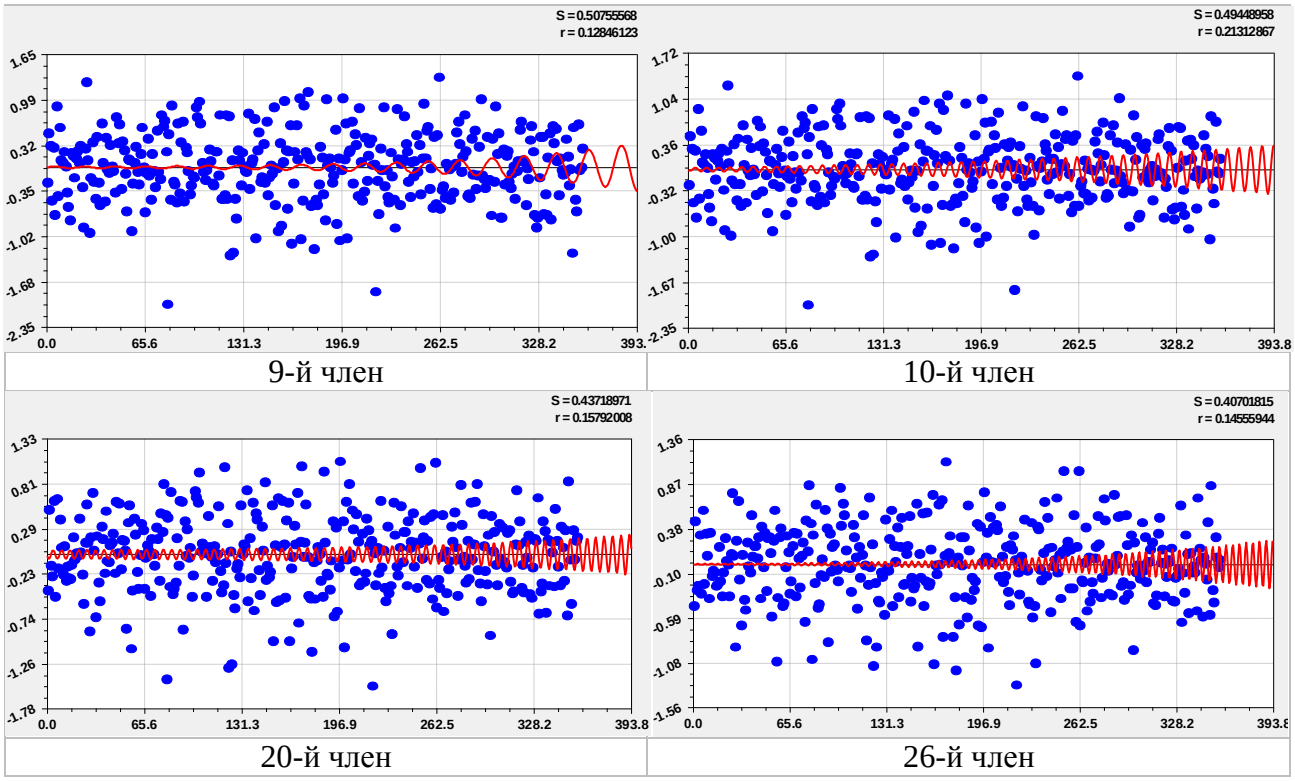


Рисунок 4. Предкритические вейвлеты динамики средней температуры

9. Критические вейвлеты динамики на будущее

Четыре критические на будущее вейвлета показаны на рисунке 5. Их в динамическом ряду по данным таблицы 1 оказалось мало, но именно они определяют достижение квантовой запутанности в прогнозах.

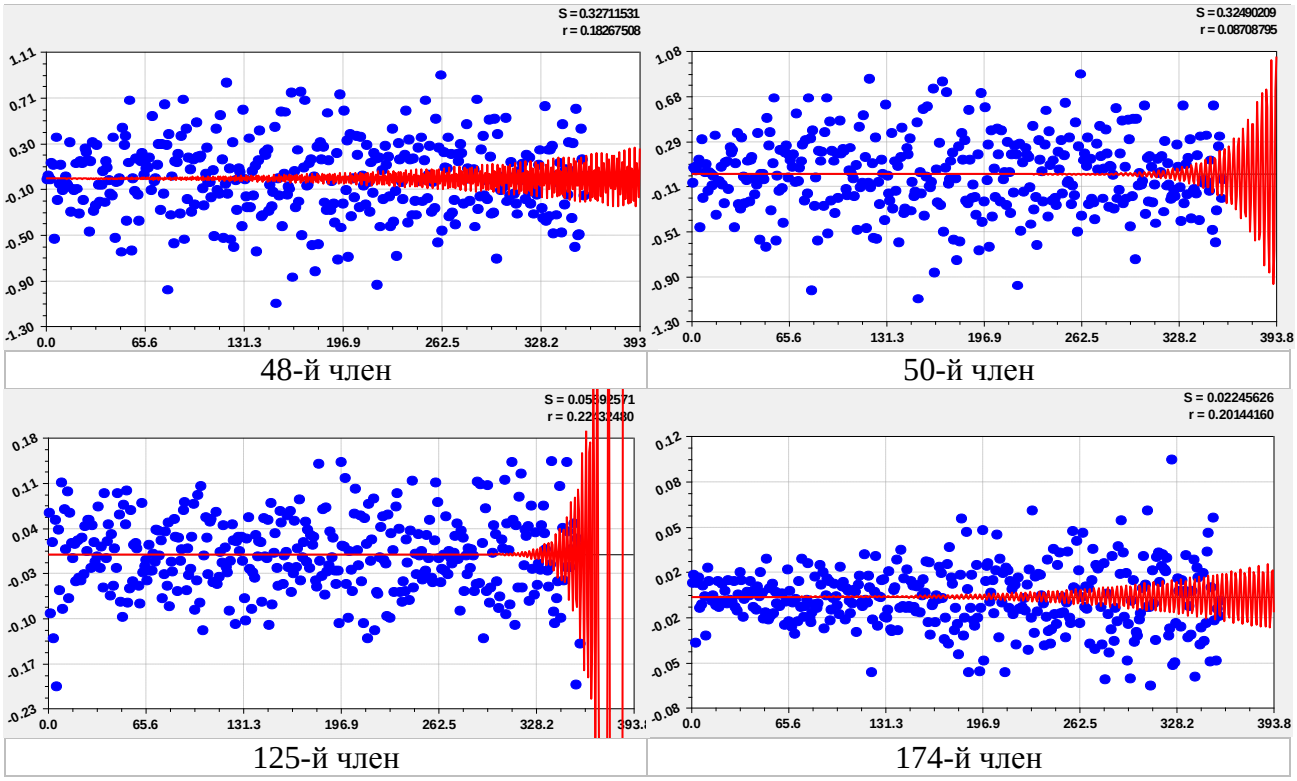


Рисунок 5. Критические в будущем вейвлеты средней температуры

Особенно интересен 125-й член. Амплитуда колебания изменяется по показательному закону и поэтому отсутствует торможение её росту. но в будущем это торможение по второй компоненте биотехнического закона может вполне появиться. Тогда получается, что критические вейвлеты

являются по конструкции непостоянными на будущее. именно такое непостоянство вводит квантовую неопределенность при прогнозировании.

10. Прогнозы на будущее средней температуры

Прямыми расчетами в Excel на рисунке 6 получены графики прогнозов.

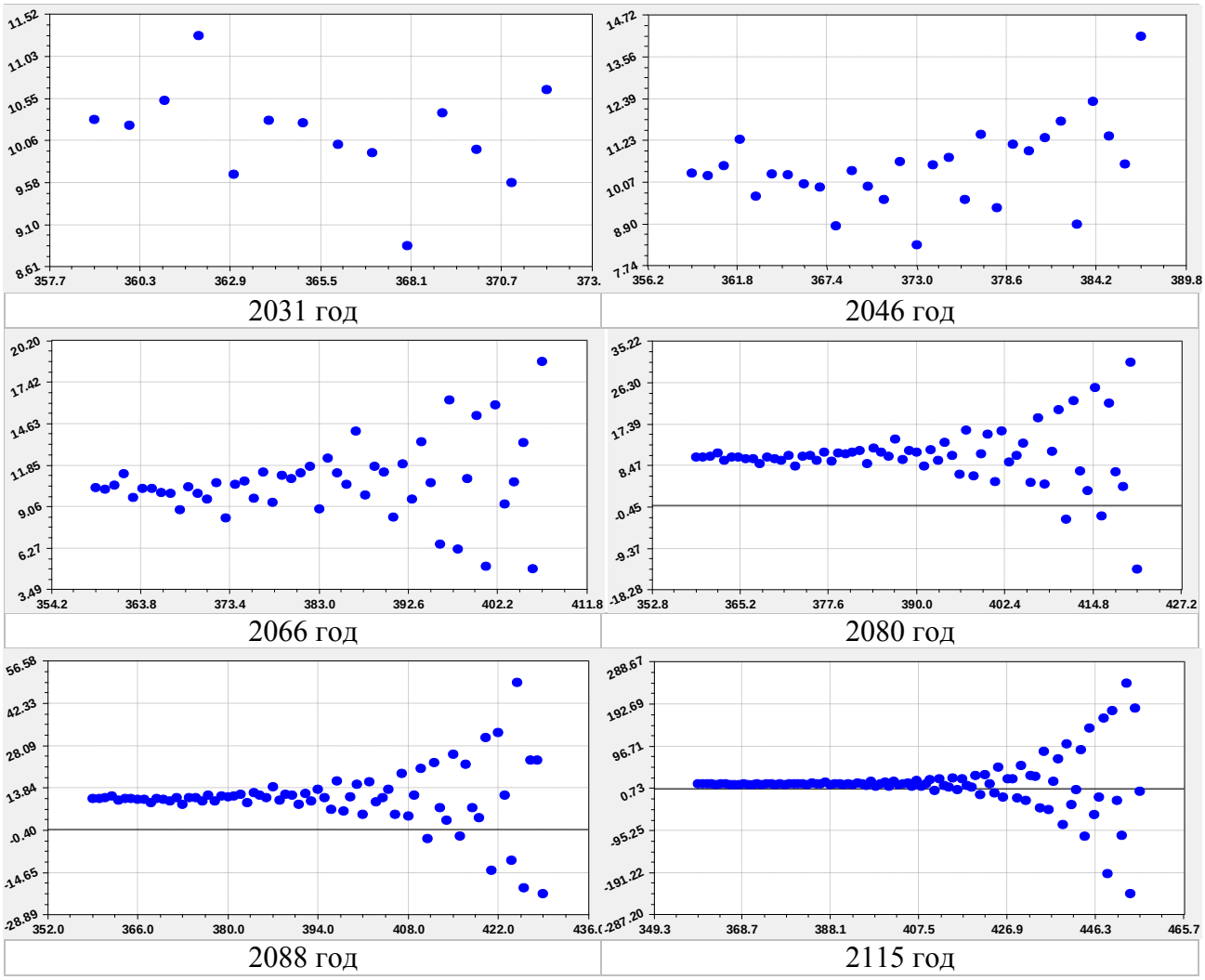


Рисунок 6. Прогнозы средней температуры

Из-за большого количества членов некоторые из них, из-за малого коэффициента корреляции (менее 0.1), сильно изменяются, если использовать только пять значащих цифр из таблицы 2. Поэтому расчеты проводим с использованием всех 11 значащих цифр, например, для первого члена

y1=a*exp(-b*x^c), (2)

которая в CurveExpert-1.40 получает значения параметров модели:

a = 8.51388532035E+000; (C4)

b = 8.86579127201E-005; (C5)

c = 1.68403166846E+000. (C6)

После переноса в Excel значения этих трех параметров (коэффициентов) модели (2) располагаются в столбце C в строках 4, 5 и 6.

Тогда можем записать формулу (2) в виде

y1=C4*EXP(-C5*B15^C6). (3)

И после прокрутки до конца ряда времени от 359 (2018 год) и далее до 718 (2377 год) получаем результаты расчетов по первому члену общей модели.

Здесь, из-за нечеткости этапов изменения средней температуры, они были привязаны к этапам прогнозов максимальной температуры. При этом был исключен момент времени 2051, так как он аналогичен прогнозам до 2066 года. Кроме того, дополнен этап с 2088 до 2115 года.

После 2115 года прогнозные значения температуры получают аномально высокие и низкие значения. С этого момента времени начинается сильная квантовая запутанность, противоречащая реальным температурам.

Прогноз [19] в пределах 2030-2040 о том, что произойдет снижение температуры воздуха на средней температуре не подтверждается. Тогда очевидно, что активность Солнца влияет больше на максимальную, чем на минимальную и среднюю, температуру воздуха приземного слоя.

Первый этап с 2018 по 2031 год характеризуется небольшим потеплением от 10.31 до 10.65 ^{0}C. Фактически за 2018 год зарегистрировано средняя температура (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/data/download.html) в приземном слое воздуха 10.68 ^{0}C. В сравнении с 2017 годом фактическое повышение средней температуры стала равной 10.68 – 10.58 = 0.10 ^{0}C.

Отклонение расчетных значений по таблице 1 за 2017 год был равен 0.09% и также равно 10.58 ^{0}C. В итоге расчетное по всем знакам чисел в программной среде CurveExpert-1.40 оказывается точнее по сравнению с записью пяти значащих цифр у параметров модели (1) в таблице 2. Поэтому разница от фактического значения 10.68 ^{0}C за 2018 год расчетного по 118 уравнениям из таблицы 2 в 10.31 ^{0}C, равная 0.37 ^{0}C или 100 (10.68 – 10.31) / 10.68 = 3.46%. Такая малая погрешность статистического моделирования была достигнута за счет применения 11 значащих цифр в параметрах модели (1).

11. Заключение

Для каждой наземной метеостанции необходимо изучать ***точечные распределения*** метеорологических измерений, в данной статье средней годичной температуры Центральной Англии по данным HadCET с 1659 по 2017 годы. Динамический ряд был разложен на 188 вейвлетов с максимальной относительной погрешностью 0.53%. Прямые расчеты в Excel по ним при 11 значащих цифрах в параметрах модели (1) позволили дать прогнозы по этапам до 2115 года. В основании прогноза из 188 членов общей модели (1) разместились 70 члена, а 118 члена или 62.77% влияют на будущее.

Первый член из таблицы 2 двухчленного тренда является модифицированным нами законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа-Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). Модернизация заключается в ведении третьего параметра модели 1.68403.

Как правило, первый член модели является естественной составляющей, а второй и последующие члены модели (1) показывают биотехническое, в частности и антропогенное, влияние. Второй член по показательному закону роста дает динамический рост максимальной температуры воздуха. Тогда получается, что тренд показывает влияние двух сил: по первому члену происходит глобальное похолодание (влияние космоса на земную атмосферу), а по второму – глобальное потепление (влияние самой Земли и человечества).

Третий и четвертый члены имеют амплитуду колебания по закону экспоненциальной гибели, причем третий член является модифицированным нами законом Лапласа. Поэтому оба вейвлета являются бесконечномерными, так как из-за закона Лапласа (четвертый член) изменение амплитуды показывает продолжение значений до 1659 и после 2017 года. Негативным является то, что период третьего члена снижается, начиная от $2\times 38.53375 \approx 77.1$ лет в 1659 году. У четвертого члена наблюдается постоянный полупериод колебания в 11.86913 лет.

Любой постоянный период можно сравнивать с циклами космологических колебаний. В четвертом члене период в 23.74 лет сравним с циклом обращения ядра Солнца вокруг самого себя (примерно 22.6 лет), а полупериод 11.86913 динамики среднегодовой температуры сравним с циклом солнечной активности, который продолжается в среднем 11.3 лет.

В целом четырехчленная модель (1) дает адекватность для динамики среднегодовой температуры воздуха с коэффициентом корреляции 0.5989 (уровень адекватности – средняя связь). Остальные члены дают разные коэффициенты корреляции, максимальный из которых 0.5294 получилось для 124-го члена.

Максимальный полупериод 124.76741 лет был для шестого критического члена, а минимальный полупериод колебания был получен 0.35124 лет для 160-го члена. Тогда получается, что основание прогноза в 359 лет позволяет идентифицировать волны с максимальным периодом в 250 лет, что гораздо меньше длины основания прогноза. В итоге динамический ряд в 359 лет становится избыточным по длине основания прогноза.

Прогноз [19] в пределах 2030-2040 о том, что произойдет снижение температуры воздуха на средней температуре подтверждается только частично. Из графика на рисунке 6 видно, что с 2031 по 2046 годы наблюдается рост средней температуры. Тогда становится понятным, что активность Солнца влияет больше на максимальную, чем на минимальную и среднюю, температуру приземного

слоя.

Первый этап с 2018 по 2031 год характеризуется небольшим потеплением от 10.31 до 10.65 ^{0}С. Фактически за 2018 год зарегистрирована средняя температура (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcet/data/download.html) в приземном слое воздуха 10.68 ^{0}С. В сравнении с 2017 годом фактическое повышение средней температуры стала равной 10.68 – 10.58 = 0.10 ^{0}С.

Отклонение расчетных значений по таблице 1 за 2017 год был равен 0.09% и также равно 10.58 ^{0}С. В итоге расчетное по всем знакам чисел в программной среде CurveExpert-1.40 оказывается точнее по сравнению с записью пяти значащих цифр у параметров модели (1) в таблице 2. Поэтому разница от фактического значения 10.68 ^{0}С за 2018 год расчетного по 118 уравнениям из таблицы 2 значения в 10.31 ^{0}С, равная 0.37 ^{0}С или 100 (10.68 – 10.31) / 10.68 = 3.46%. Такая малая погрешность статистического моделирования была достигнута за счет применения 11 значащих цифр в параметрах модели (1). Тогда все прогнозы становятся несколько заниженными на 3.46% (по максимальной температуре заниженными, а по минимальной температуре завышенными),

На втором этапе с 2031 по 2046 годы ожидается потепление от минимума с в 2032 году 8.32 ^{0}С до максимума 14.14 ^{0}С в 2046 году. С 2031 года при 10.65 ^{0}С на следующий 2032 год произошел спад средней температуры 10.65 – 8.32 = 2.33 ^{0}С. Может оказаться, что солнечная активность [19] сказалась именно на этом переходе. Снижение на 100 2.33 / 8.32 = 28.00% значимо для подтверждения гипотезы Валентины Жарковой [19] (максимальная температура снижалась на 55.32% и при этом до 2046 года). Мы считаем, что из-за годичного усреднения эффект похолодания климата [19] просто смазался.

Однако с 2046 по 2066 год начинается раскачка климата между наибольшими и наименьшими значениями средней температуры воздуха. Пока еще средняя температура является положительной, то есть находится выше оси абсцисс. Наименьшее значение 4.88 ^{0}С будет в 2065 году, а наибольшее 18.81 ^{0}С в 2066 году, то есть за год перепад температуры возрастает на 13.93 ^{0}С. На следующем этапе с 2066 по 2080 год – это переход к минусовым средним температурам. В 2070 году средняя температура впервые станет отрицательной и равной -3.08 ^{0}С. в 2080 году ожидается -13.82 ^{0}С.

Переход с 2080 на 2081 год произойдет от -13.82 до 32.46 ^{0}С при перепаде в 46.28 ^{0}С. До 2088 года произойдет переход на резко континентальный климат, когда в 2084 году будет минимальная температура 49.46 ^{0}С, а в 2088 году уже -21.77 ^{0}С. А с 2088 по 2100 год в Центральной Англии прогнозируется превращение в засушливую пустыню. Средняя температура в 2098 году станет равной -80.99 ^{0}С (как в Антарктиде), а в следующем году средняя температура повысится до 101.31 ^{0}С. В 2099 году впервые средняя температура превысит 100 ^{0}С, то есть температуру кипения воды. Но, по-видимому, вплоть до 2115 года атмосфера и океан будут раскачиваться все больше. В 2112 году температура воздуха достигнет 240.68 ^{0}С, а в следующем году опустится до -239.21 ^{0}С. За эти годы океаны будут кипеть и испаряться, а после 2115 года на Земле станет космический холод в -273.15 ^{0}С. Человечество и все живое исчезнут из-за беспечности людей.

Библиографический список:

1. M.C. Alvarez-Castro, D. Faranda, P. Yiou. Atmospheric Dynamics Leading to West European Summer Hot Temperatures Since 1851. Hindawi. Complexity. Volume 2018, 10 p. https://doi.org/10.1155/2018/2494509.

2. Atmosphere and climate. http://archive.stats.govt.nz.

3. M.P. Byrne, T. Schneider. Atmospheric dynamics feedback: concept, simulations, and climate implications. https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/JCLI-D-17-0470.1.

4. J. Ding, et.al. Monthly and annual temperature extremes and their changes on the Tibetan Plateau and its surroundings during 1963-2015. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6082912/.

5. A. Kislov, et.al. «Heat island» of the Moscow agglomeration and the urban-induced amplification of of global warming. Article *in* Vestnik MGU. Serija V, Geografia. June 2017. https://www.researchgate.net/publication/320057275.

6. G.X. Li, G. Zhou. Comparisons of time series of annual mean surface air temperature for china since the 1900s: observations, model simulations, and extended reanalysis. 2016. *https://doi.org/10.1175/bams-d-16-0092.1*.

7. 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

8. Мазуркин П.М. Вейвлет анализ динамики CO_2 за 420 миллионов лет и прогноз на 140 миллионов лет в прошлое и будущее // Научный журнал «Точная наука» 2019. №45. С. 2-19

9. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Квантовая метеорология: факторный анализ трехчасовых измерений четырех Метеорологических параметров за 2012-2018 годы // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.15-28.

10. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Квантовая фитометеорология: факторный анализ трехчасовых измерений четырех метеопараметров за вегетационные периоды 2012-2018 годов // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.28-43.

11. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Кванты поведения метеопараметров по трехчасовым измерениям между декабрьскими солнцестояниями // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.43-58.

12. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Кванты поведения метеопараметров по трехчасовым измерениям в вегетационный период березы повислой // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.59-75.

13. B.D. Santer, et.al. Identifying human influences on atmospheric temperature. 26–33 | PNAS | January 2, 2013 | vol. 110 | no. 1. www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.
1073/pnas.1210514109/-/DCSupplemental.

14. B.A. Sinokrot, H.G. Stefan. Stream Temperature Dynamics Measurements and Modeling. Water Resources Research, V. 29, No 7, P.2299-2312.

15. R.J. Stouffer, G. Hegerl, S. Tett. A Comparison of Surface Air Temperature Variability in Three 1000-Yr Coupled Ocean–Atmosphere Model Integrations. J o u r n a l o f c l i m a t e. 1999. V. 13, pp. 513-537.

16. J. Wang, et.al. Global land surface air temperature dynamics since 1880. International Journal of Climatology. https://doi.org/10.1002/joc.5384.

17. Waves to Weather (W2W). Description of the collection. https://journals.ametsoc.org/topic/w2w.

18. D.A. Zappalà et.al. Quantifying changes in spatial patterns of surface air temperature dynamics over several decades. Earth Syst. Dynam., 9, 383–391, 2018. https://doi.org/10.5194/esd-9-383-2018.

19. Valentina Zharkova: the solar magnet field and the terrestrial climate. URL: https://watchers.news/2018/11/11/valentina-zharkova-solar-magnet-field-and-terrestrial-climate-presentation/ (Дата обращения 01.03.2019).

Мазуркин Петр Матвеевич
Докт. техн. наук, проф., Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия, E-mail: kaf_po@mail.ru

Mazurkin Petr Matveevich
Doc. tech. Sciences, Prof., Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, Russia, E-mail: kaf_po@mail.ru

УДК 551.51

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ГОДИЧНОЙ ДИНАМИКИ МАКСИМАЛЬНОЙ, МИНИМАЛЬНОЙ И СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ С 1879 ПО 2017 ГОДЫ ПО HADLEY CENTRE CENTRAL ENGLAND TEMPERATURE (HADCET)

FACTOR ANALYSIS OF THE ANNUAL DYNAMICS OF MAXIMUM, MINIMUM AND AVERAGE TEMPERATURES FROM 1879 TO 2017 TO HADLEY ENGLISH TEMPERATURE CENTER (HADCET)

Аннотация. Методом идентификации устойчивых закономерностей проведен факторный анализ годичной динамики с 1879 по 2017 годы трех метеопараметров: максимальная, минимальная и средняя температура воздуха Центральной Англии по данным HadCET. Мощность выборки составила 139 строк. При факторном анализе время исключается, и оно выступает только как системообразующий фактор, обеспечивающий отношения между тремя параметрами климата и погоды. Поэтому адекватность моделей динамики учитывается в диагональных клетках корреляционной матрицы. Кроме времени, в факторном анализе возможны различные списки объектов. Коэффициент корреляционной вариации, то есть мера функциональной взаимосвязи между параметрами системы (годичной погоды на метеостанции Центральной Англии), равен 0.8230 для трендов, 0.8603 с учетом годичной динамики по четырехчленной модели, полученной по вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1.40, и 0.9578 по полному до ошибки измерений вейвлет анализу динамики значений трех факторов. Во всех трех способах факторного анализа как влияющая переменная на первом месте оказался метеорологический параметр “Среднегодовая температура”, на втором – “Максимальная температура” и на третьем месте – “Минимальная температура”. Как зависимый показатель на этих же местах расположились три вида температуры. Сравнение показывает, что среди бинарных отношений между тремя температурами наибольшее влияние с коэффициентом корреляции 0.9765 оказывает средняя температура на максимальную температуру воздуха в приземном слое атмосферы. При этом все шесть уравнений относятся к сильным связям, поэтому между тремя видами температуры существует высокая квантовая определенность. Но при прогнозировании наибольшую содержательную сущность показала максимальная температура воздуха.

Abstract. Factor analysis of annual dynamics from 1879 to 2017 was carried out by the method of identification of stable regularities: maximum, minimum and average air temperature of Central England according to HadCET. The sample capacity was 139 rows. In factor analysis, time is excluded, and it acts only as a system-forming factor that ensures the relationship between the three parameters of climate and weather. Therefore, the adequacy of the dynamics models is taken into account in the diagonal cells of the correlation matrix. In addition to time, different lists of objects are possible in factor analysis. The coefficient of correlation variation, that is, a measure of the functional relationship between the parameters of the system (annual weather at the weather station in Central England) is 0.8230 for trends, 0.8603 taking into account the annual dynamics of the four-membered model obtained from the computational capabilities of the software environment CurveExpert-1.40, and 0.9578 for the full up to the error of measurement wavelet analysis of the dynamics of the values of three factors. In all three methods of factor analysis, the meteorological parameter «average Annual temperature» was in the first place as the influencing variable, the «Maximum temperature» was in the second place, and the «Minimum temperature» was in the third place. As the dependent measure in these areas there are three kind of temperature. The comparison shows that among the binary relations between the three temperatures, the average temperature on the maximum air temperature in the surface layer of the atmosphere has the greatest influence on the correlation coefficient

0.9765. At the same time, all six equations refer to strong connections, so there is a high quantum certainty between the three types of temperature. But when predicting the most meaningful essence showed the maximum temperature.

Ключевые слова: Центральная Англия, годичные температуры, динамика с 1879 по 2017 годы, бинарные отношения, факторный анализ, кванты поведения.

Keywords: Central England, annual temperatures, dynamics from 1879 to 2017, binary relations, factor analysis, behavior quanta.

1. Введение

В различных точках Земли на метеорологических станциях накоплено много динамических рядов, например, по температуре воздуха в приземном слое. По данным HadCET мы обработали ряды максимальной, минимальной и среднегодовой температуры Центральной Англии. В данной статье мы объединим эти три параметра и покажем методику факторного анализа. В дальнейшем количество факторов можно увеличить до 25-50, включая в систему метеорологические данные суши, океана, стратосферы и тропосферы и других объектов.

В факторном анализе каждое бинарное отношение содержит тренд и множество вейвлет-сигналов. Причем тренд является частным случаем сверхдлинного по периоду колебания вейвлета. В итоге общая статистическая модель динамики представляет собой жгут, состоящий из множества уединенных волн (вейвлетов) с переменными амплитудой и периодом колебаний. После статистического моделирования ранговых (вместо динамических рядов, например, по списку включенных в систему объектов) и бинарных распределений проводится факторный анализ по адекватности монарных (в диагональных клетках корреляционной матрицы) и бинарных отношений, позволяющий составить рейтинги факторов как влияющих параметров и как зависимых показателей по значениям коэффициента корреляции.

Предлагаемая методология идентификации явно нелинейных устойчивых закономерностей [4-11] позволяет выделить волны монарных и бинарных отношений между всеми измеренными и учтенными факторами, которые в дальнейшем можно будет сопоставлять с эвристическими представлениями специалистов по изучению и управлению климатом и погодой.

Поэтому и практическое применение нашей методологии предполагает итеративную идентификацию, хотя бы через каждый год (а для ежемесячных данных через каждый месяц). При этом каждый раз проводится ориентировочный прогноз на длину горизонта прогноза, равную основанию прогноза. Метод идентификации позволяет выделить наиболее значимые параметры изучаемой системы любого вида и сильные бинарные отношения между ними, по которым нужно будет в дальнейшем повышать точность и быстроту будущих измерений.

Мы считаем, что одним из условий дальнейшего развития метеорологии является выявление устойчивых закономерностей [4-11] по накопленным статистическим данным на метеорологических станциях. 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 [1]. Другим условием станет идентификация самих сценариев поведения человечества по их количественным данным динамики каждого учтенного фактора по их достоверности. При этом достоверными будут только те сценарии, для которых будут получены волновые уравнения высокой адекватности.

Однако мы считаем, что по имеющимся динамическим рядам до сих пор другим ученым не удавалось выявлять волновые закономерности. Поэтому климатологи и метеорологи пошли по пути упрощения динамических рядов. Это проявляется в том, что показатели являются сгруппированными данными, например, скользящее среднее за периоды в 10 лет, и применяются только линейные или линеаризованными модели. Поэтому необходимо принять вначале только ряды точечных измерений и нами был принят наибольший в мире ряд с 1659 по 2017 год среднегодовой температуры нак территории Центральной Англии (ssn_HadCET_mean.txt). Оказалось, что ряд в 359 лет является избыточным. Для факторного анализа все параметры системы должны иметь одну и ту же шкалу времени. Поэтому все три температуры учитывались с 1879 по 2017 год.

По вейвлетам универсальной конструкции [5] изменяются водный режим лугов [4] и динамика углерода в Европе [6, 7].

Тогда мы различаем два вида квантов поведения:

во-первых, в динамике каждый фактор расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн (солитонов) и этот процесс характеризуется как ***квантовая распутанность***;

во-вторых, взаимное влияние трех вышеуказанных факторов с равномерной или неравномерной периодичностью измерений дополнительно получает ***квантовую запутанность*** в некоторых границах.

Таким образом, любое явление или процесс можно оценивать по уровню адекватности (коэффициенту корреляции) разложения функциональной связности системы на квантовую распутанность и квантовую запутанность.

Оказалось, что в квантовой метеорологии [8, 10] можно выделить квантовую фитометеорологию [9, 11] по вегетационному периоду растений.

Рост растений – сложный процесс, в его основе лежат такие фундаментальные явления, как ритмичность, полярность, дифференциация, раздражимость, корреляция. Эти процессы являются общими для онтогенеза живых организмов. Онтогенез – индивидуальное развитие организма от зиготы (или вегетативного зачатка) до природной смерти. Благодаря активной деятельности меристем и фотосинтетической активности листьев зеленое растение приобретает ряд черт, которые характеризуют его рост. В процессе онтогенеза растения рост наблюдается на протяжении основных этапов его жизненного цикла [14-16]. Поэтому, в дальнейших исследованиях можно выявлять закономерности влияния метеорологических параметров на динамику вегетативных органов растений.

2. Исходные данные

Данные по трем видам температуры воздуха в приземном слое приведены в таблице 1 (ssn_HadCET_max.txt ,ssn_HadCET_min.txt, ssn_HadCET_mean.txt). данные охарактеризованы в статьях [2, 3, 12. 13]. За начало отсчета $\tau = 0$ динамики был принят 1879 год, а за окончание времени измерений – 2017 год. При этом 2018 год был применен для оценки достоверности прогнозов. Во всех известных динамических рядах применяются равномерные шкалы. Не исключение и таблица 1. Однако можно применять и неравномерные шкалы времени, например с пропусками, что значительно увеличивает предсказательные возможности нашего метода идентификации устойчивых закономерностей [5].

Таблица 1. Максимальная, минимальная и средняя годовая температуры
(по данным HadCET с 1879 по 2017 годы)

Год	Время τ , лет	Температура воздуха, ^{0}C		
		максимум t_{max}	минимум t_{min}	средняя $\bar{t}$
1879	0	10.52	4.36	7.44
1880	1	12.54	5.63	9.10
1881	2	12.12	5.03	8.58
1882	3	12.99	5.94	9.47
1883	4	12.70	5.38	9.04
2013	134	13.29	5.92	9.61
2014	135	14.75	7.15	10.95
2015	136	14.17	6.45	10.31
2016	137	14.18	6.51	10.34
2017	138	14.30	6.87	10.58

При факторном анализе время исключается, и оно выступает только как системообразующий фактор, обеспечивающий отношения между тремя параметрами климата и погоды. Поэтому адекватность моделей динамики учитывается в диагональных клетках корреляционной матрицы. Кроме времени, в факторном анализе возможны различные списки объектов.

3. Идентификация волны и тренда

Вейвлет сигнал, как правило, любой природы (объекта исследования) математически записывается волновой формулой [5] вида

$$y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}),\ A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}),\ p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}, (1)$$

где y – показатель (зависимый фактор), i – номер составляющей модели (1), m – количество членов в модели (1), x – объясняющая переменная (влияющий фактор), $a_1 \ldots a_8$ – параметры модели (1), принимающие числовые значения в ходе структурно-параметрической идентификации в программной среде CurveExpert-1.40 (URL: http://www.curveexpert.net/), A_i – амплитуда (половина) вейвлета (ось y), p_i – полупериод колебания (ось x).

По формуле (1) 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 вейвлет-сигнала позволяет абстрагироваться от физического смысла многих статистических рядов измерений и рассматривать их аддитивное разложение на составляющие в виде суммы отдельных вейвлетов.

Сигнал – это материальный носитель информации. А информация нами понимается как ***мера взаимодействия***. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен. Сигналом может быть любой физический процесс или его часть. Получается, что изменение множества неизвестных сигналов давно известно, например, через ряды метеорологических измерений. Однако до сих пор нет статистических моделей как динамики, так и взаимной связи между тремя параметрами климата и погоды на данной метеостанции.

Тренд образуется при условии, когда период колебания a_{5i} стремится к бесконечности. Чаще всего тренд образуется из двух членов формулы (1).

Все модели бинарных отношений в данной статье были выявлены при частном случае, когда $a_2 = 0$, по двухчленной формуле

$$y = aexp(-bx^c) + dx^e \exp(-fx^g), \qquad (2)$$

где y – зависимый показатель, x – влияющая переменная, $a - g$ – параметры модели (2), идентифицируемые в программной среде CurveExpert-1.40.

4. Факторный анализ идентификацией тренда

В таблице 2 приведена ***корреляционная матрица*** бинарных связей и рейтинг трех факторов, полученные методом идентификации [5] по данным таблицы 1. В нашем примере в диагональных клетках ставим коэффициент корреляции тренда по моделям динамики с 1879 по 2017 год.

Коэффициент корреляционной вариации, то есть мера функциональной взаимосвязи между параметрами системы (годичной погоды на метеостанции), равен ***7***.4073 / 3^2 = 0.8230. Как влияющая переменная на первом месте оказался метеорологический параметр “Среднегодовая температура”, на втором – “Максимальная температура” и на третьем месте – “Минимальная температура”. Как зависимый показатель на этих же местах расположились три вида температуры.

Таблица 2. Корреляционная матрица факторного анализа и рейтинг факторов после идентификации по закономерности тренда (2)

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)			Сумма Σr	Место I_x
	t_{max}, ^{0}C	t_{min}, ^{0}C	$\bar{t}$, ^{0}C		
Максимальная температура t_{max}, ^{0}C	0.6086	0.8733	0.9760	2,4579	2
Минимальная температура t_{min}, ^{0}C	0.8761	0.5618	0.9590	2,3969	3
Среднегодовая температура $\bar{t}$, ^{0}C	0.9765	0.9592	0.6168	2,5525	**1**
Сумма коэффиц. корреляции Σr	2,4612	2,3943	2,5518	7,4073	-
Место I_y	3	2	**1**	-	0.8230

Всего получилось шесть сильных закономерности по формуле (2) при взаимной связи между температурами с коэффициентом корреляции не менее 0.7. По диагонали получились тренды с адекватностью от 0.5 до 0.7 средней связи.

5. Факторный анализ идентификацией волнового уравнения

На информационно-технологическом уровне 23-я проблема Гильберта (развитие методов вариационного исчисления) нами была решена [5].

При этом ***вариация функций*** сводится к осознанному отбору устойчивых законов и конструированию на их основе адекватных устойчивых закономерностей. Мы придерживаемся концепции Декарта о необходимости применения алгебраического уравнения общего вида напрямую как конечного математического решения неизвестных дифференциальных или интегральных уравнений. Для этого был предложен новый класс волновых функций (1).

Адекватность моделей в таблице 3 приведена по четырем членам общей модели (1), содержащих один-два члена тренда (2) и еще два-три волновых уравнения динамики для диагональных клеток корреляционной матрицы.

Таблица 3. Корреляционная матрица факторного анализа и рейтинг факторов после идентификации трендом (2) бинарных отношений и вейвлетов (1) динамики

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)			Сумма Σr	Место I_x
	t_{max}, ^{0}C	t_{min}, ^{0}C	$\bar{t}$, ^{0}C		
Максимальная температура t_{max}, ^{0}C	0.7011	0.8733	0.9760	2,5504	2
Минимальная температура t_{min}, ^{0}C	0.8761	0.7131	0.9590	2,5482	3
Среднегодовая температура $\bar{t}$, ^{0}C	0.9765	0.9592	0.7086	2,6443	**1**
Сумма коэффиц. корреляции Σr	2,5537	2,5456	2,6436	7,7429	-
Место I_y	2	3	**1**	-	0.8603

Коэффициент коррелятивной вариации равен 7.7429 / 3^2 = 0.8603. Рейтинг влияющих и зависимых факторов в сравнении с таблицей 2 не изменился.

Концепция колебательной адаптации в природе предполагает, что между выделенными в таблице 1 факторами существуют зависимости в виде волновых уравнений. Однако оказалось, что между указанными тремя факторами нет волновой связи, что указывает на наличие квантовой запутанности метеорологических данных. Только динамика за 139 лет трех параметров позволяет идентифицировать множество вейвлетов. По вычислительным возможностям программной среды CurveExpert-1.40 были совместно идентифицированы по четыре члена уравнения (1).

Ранее было показано, что до ошибки измерений температуры можно провести вейвлет анализ. Для максимальной температуры было получено 57 членов, для минимальной температуры – 64, а для среднегодовой температуры – 188 членов. Тогда практически коэффициент корреляции поднимется до 1 (табл. 4).

Таблица 4. Корреляционная матрица факторного анализа и рейтинг факторов по тренду (2) для бинарных отношений и множества вейвлетов (1) динамики

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)			Сумма Σr	Место I_x
	t_{max}, ^{0}C	t_{min}, ^{0}C	$\bar{t}$, ^{0}C		
Максимальная температура t_{max}, ^{0}C	1	0.8733	0.9760	2,8493	2
Минимальная температура t_{min}, ^{0}C	0.8761	1	0.9590	2,8351	3
Среднегодовая температура $\bar{t}$, ^{0}C	0.9765	0.9592	1	2,9357	**1**
Сумма коэффиц. корреляции Σr	2,8526	2,8325	2,9350	8,6201	-
Место I_y	2	3	**1**	-	0.9578

Коэффициент коррелятивной вариации стал равным 0.9578 и рейтинг влияющих и зависимых факторов по сравнению с таблицами 2 и 3 не изменился.

Если остатки после вейвлет-анализа дальше не моделируются, то специалисты говорят о некоем шуме. Но мы считаем, что шумом можно назвать только такие остатки, которые равны или меньше ошибки измерений. Поэтому часть шума, превышающей ошибки измерений, следует отнести к квантовой запутанности. А долю значений параметров, определяемых выявленными закономерностями, следует отнести к квантовой распутанности.

Тогда получается, что динамику климатических и метеорологических параметров следует рассмотреть обособленно методом вейвлет-анализа, а бинарные отношения между параметрами становятся предметами квантовой физики поведения макрообъектов (в нашем примере климата и погоды на метеостанции).

6. Закономерности динамики температуры воздуха

В таблице 5 приведены значения параметров модели (1). Из неё видно, что части тренда являются частными случаями общего вейвлета.

Примем динамические модели, содержащие четыре члена (один-два для тренда и два-три асимметричных вейвлета). Как правило, модели любой динамики (при различных отсчетах времени: год, месяц, сутки, часы, минуты) методом идентификации можно довести до конечного множества вейвлет-сигналов. Критерием остановки процесса идентификации становится только погрешность измерений. Каждый вейвлет при этом становится отдельным квантом поведения (строение макрообъектов в сравнении с их поведением можно принять постоянным). Например, средняя температура воздуха Центральной Англии за 1659-2017 годы по данным Hadley Centre Central England Temperature (HadCET) до ошибки измерений $\mp 0.05\ ^0$C характеризуется множеством из 188 вейвлетов.

Таблица 5. Параметры моделей динамики метеорологических данных по таблице 1

Номер i	Вейвлет $y_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								Коэф. корр. r
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
	a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}	
Динамика максимальной температуры воздуха									
1	9.75509	0	0.32695	0.39408	0	0	0	0	0.7011
2	4.76899	0.20451	0	0	0	0	0	0	
3	0.60554	0	0.00067008	1.30655	331.51060	-2.16881	1.00023	-0.15038	
4	0.44184	0	0.037403	0.75225	7.11016	-0.00096285	1.50572	1.66394	
Динамика минимальной температуры воздуха									
1	4.47820	0	-0.10237	0.22512	0	0	0	0	0.7131
2	0.11964	0	-0.0086459	1	3.82002	0.50590	0.71167	1.65200	
3	-0.17853	0	-7.95574e-6	2.26277	3.65855	0.014686	0.54239	-0.10801	
4	0.049902	0	-0.0016021	1.43297	11.44579	0.037200	0.60525	5.90933	
Динамика среднегодовой температуры воздуха									
1	8.34895	0	0.00083403	1.44674	0	0	0	0	0.7086
2	0.069430	0.94925	0	0	0	0	0	0	
3	-0.070861	0	-0.47413	0.25105	218.12924	-0.24701	1.34031	-3.30961	
4	4.05019	0	1.35915	0.22971	6.27630	0.00042187	2.55027	1.81124	

Отрицательный знак перед составляющей модели показывает, что она является кризисной для повышения значений метеорологического параметра. Например, в динамике минимальной температуры воздуха третий член модели по таблице 5 является кризисной для повышения этого фактора со временем.

Первый член модели (2) тренда является модифицированным нами законом Лапласа (в математике), Мандельброта (в физике), Ципфа-Перла (в биологии) и Парето (в эконометрике). Он показывает экспоненциальное снижение (для максимальной и среднегодовой температуры) или повышение (для минимальной температуры воздуха) со временем.

Как правило, первый член модели является естественной составляющей, а второй и последующие члены модели показывают биотехническое, в частности и антропогенное, влияние. Тогда получается, что второй член по показательному закону роста дает динамический рост максимальной и средней температуры воздуха. По-видимому, второй член тренда показывает антропогенное влияние.

Третий-пятый члены имеют амплитуду колебания по закону экспоненциального роста или гибели (закон Лапласа по экспоненциальному закону роста у второго члена минимальной температуры). Все вейвлета являются бесконечномерными, так как из-за закона Лапласа изменение амплитуды показывает продолжение значений до 1879 и после 2017 года.

7. Графики динамики температуры воздуха

Динамика максимальной температуры воздуха. Адекватность модели (1) по данным таблицы 5 равна по коэффициенту корреляции 0.7011 (рис. 1).

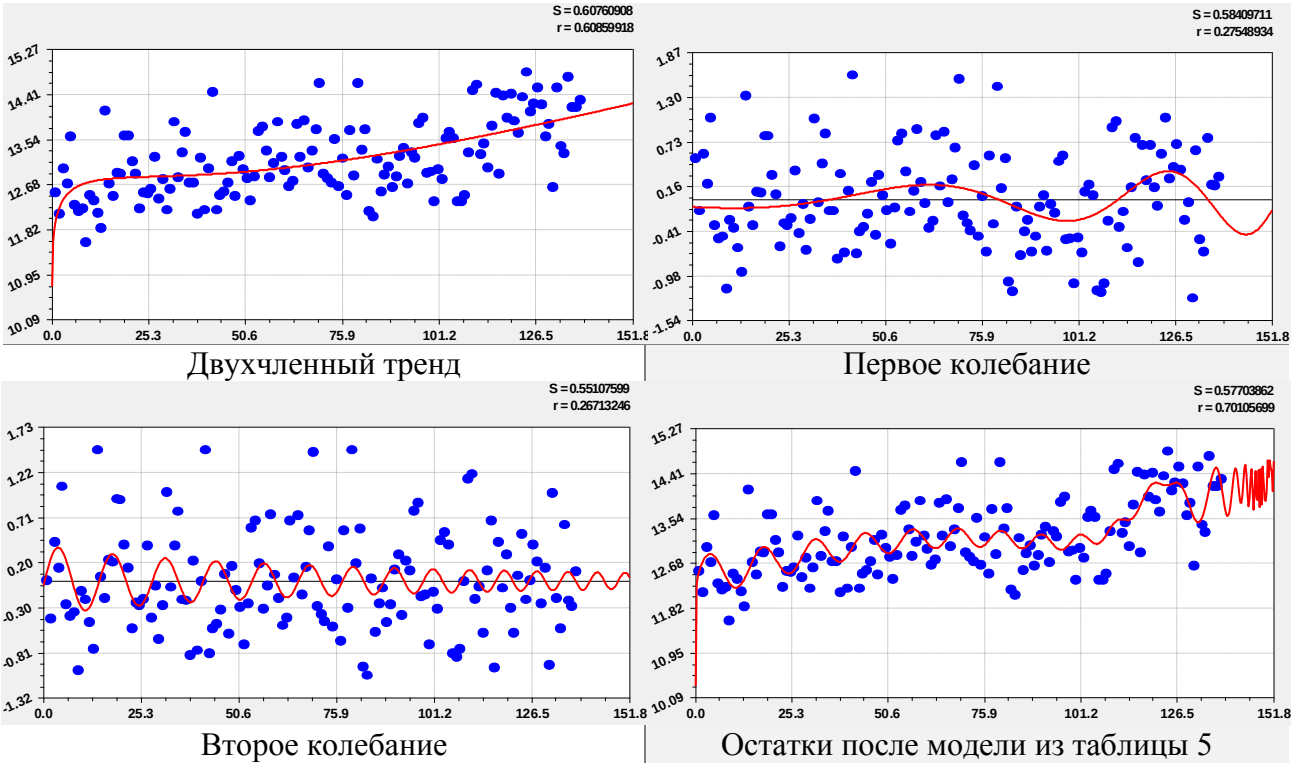


Рисунок 1. Графики четырех членов модели (1) динамики максимальной температуры: S - дисперсия; r - коэффициент корреляции

Тренд содержит два члена (рис. 1) и получил коэффициент корреляции 0.6086. Причем закономерность явно нелинейная, поэтому попытки применять линейные модели в климатологии мы считаем явным упрощенчеством. Хотя линейное уравнение имеет коэффициент корреляции 0.5610, однако в методе идентификации [5] нами линейная модель применяется только как начало процесса моделирования. Причина «любви» ученых к аппроксимации линейными трендами кроется только в одном, – линейные модели универсальны к положительному и отрицательному полуосям абсцисс. Поэтому линейные модели действительны только на коротких динамических рядах, а на длинных, как в данном примере в 139 лет, линейные тренды весьма грубы, да и примитивны.

Первый вейвлет как третий член общей модели (1) (рис. 1) с коэффициентом корреляции 0.2755 после объединения сменил знак в амплитуде и стал законом экспоненциальной гибели. Это привело к тремору (дрожанию после 2017 года). Второй вейвлет с ад6екватностью 0.2671 не изменился по конструкции. Как видно из общего графика для четырех членов, после 2017 года наблюдается тремор (дрожание) из-за значительного снижения полупериода колебаний.

Динамика минимальной температуры воздуха. При коэффициенте корреляции 0.7131 модель (1) с параметрами из таблицы 5 относится к уровню адекватности сильных связей (рис. 2) с коэффициентом корреляции не менее 0.7.

Тренд содержит один член (рис. 2) и получил коэффициент корреляции 0.5618, что меньше 0.6086 для двухчленного тренда максимальной температуры.

Минимальная температура не имеет второго члена, то есть изменяется по естественному закону экспоненциального роста. Причем активность роста равна 0.041044, а интенсивность роста равна 0.37476. Это меньше 1 для закона Лапласа, поэтому минимальная температура воздуха растет, но с некоторым запаздывающим торможением меньше 1.

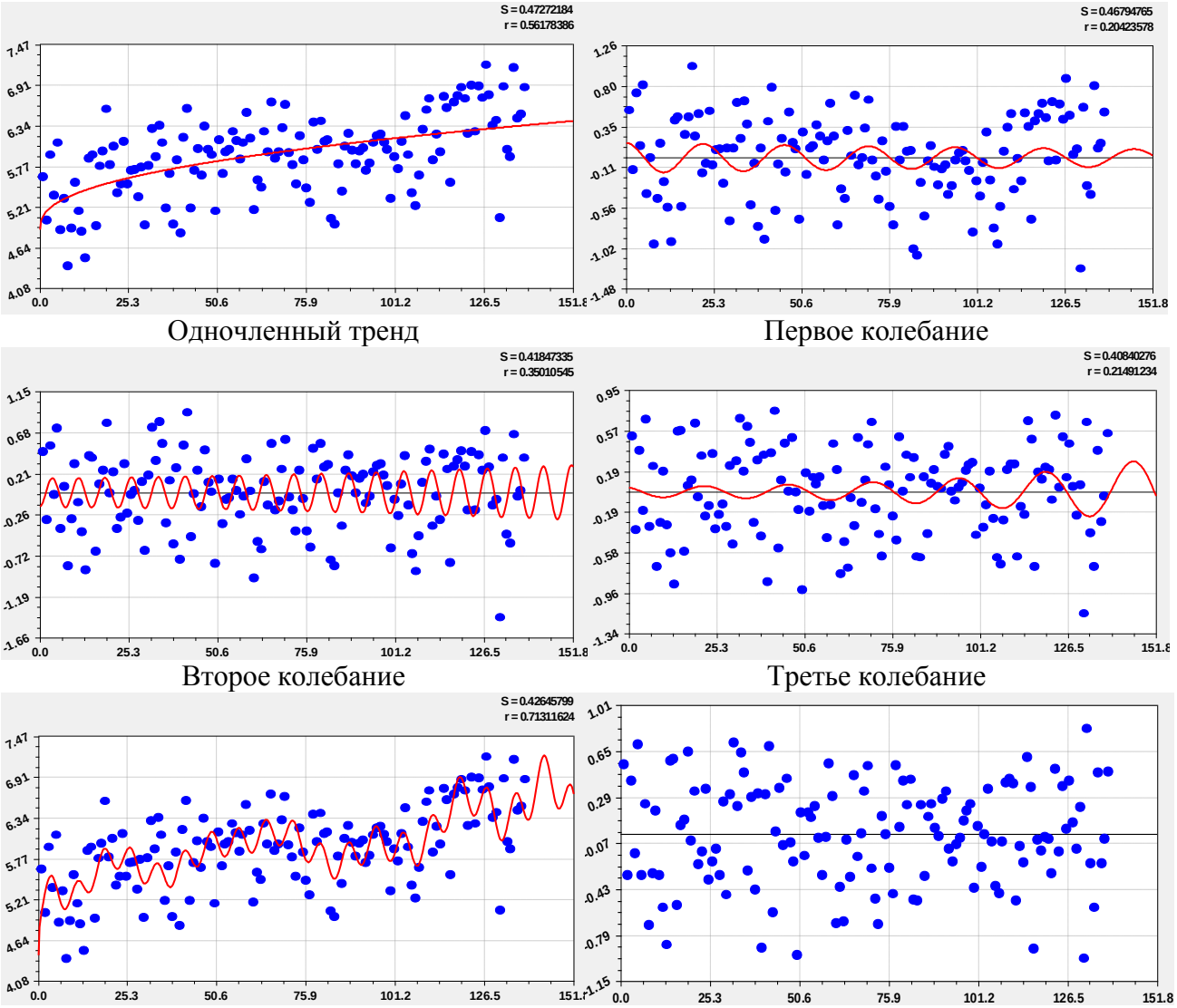


Рисунок 2. Графики общей модели (1) динамики минимальной температуры воздуха

Первый вейвлет показывает медленное снижение амплитуды колебания по закону Лапласа экспоненциальной гибели, причем полупериод колебания растет с 10.59745 лет (примерно равен циклу солнечной активности в среднем 11.3 года) в 1879 году. Колебание успокаивается и является неопасным для будущего.

Из-за отрицательного знака второй вейвлет старается снизить с повышением амплитуды по закону экспоненциального роста тенденцию повышение минимальной температуры. При эта волна увеличивает период колебания и также успокаивается.

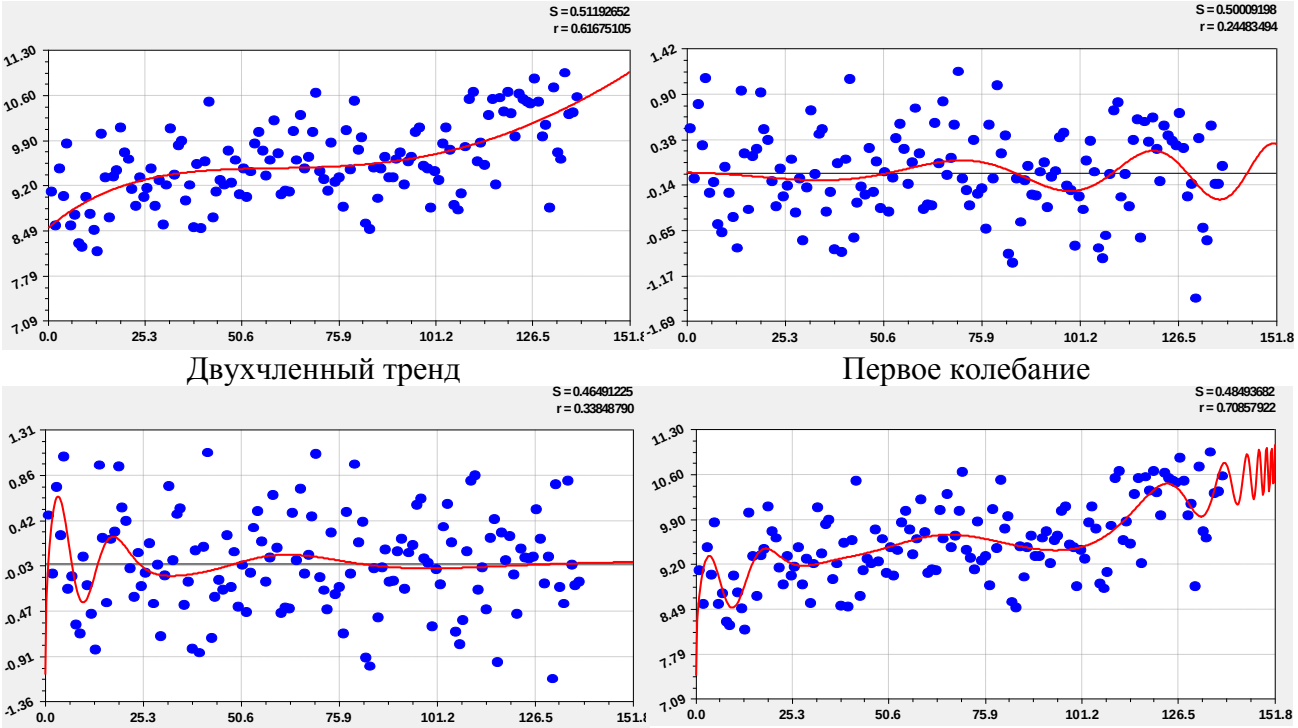
Третий вейвлет наращивает амплитуду по закону экспоненциального роста и также с повышением полупериода от 11.63078 (примерно цикл солнечной активности) в 1879 году, то есть эта волна также успокаивается. Этот факт означает только одно: наибольшую опасность для изменения климата оказывает динамика максимальной температуры при хаотическом изменении в будущем.

Как видно из общего графика для четырех членов, после 2017 года наблюдается также небольшой тремор (дрожание), но он меньше по сравнению с максимальной температурой. Оказалось, что это дрожание изменится другими вейвлетами. По остаткам, показанным на рисунке 2 точками в конце, были получены еще 60 составляющих по формуле (1). Остановка моделирования была выполнена после достижения остатков (абсолютной погрешности моделирования) погрешности измерений в конце 19 века в $\pm 0.05\ ^0$C.

По остаткам возможна идентификация и других колебательных возмущений, но при этом коэффициенты корреляции будут намного меньше 0.1.

Динамика среднегодовой температуры воздуха. С коэффициентом корреляции 0.7086 были получена четырехчленная модель с адекватностью «сильная связь» (рис. 3) для ряда с 1879 года. А

для ряда с 1659 года был получен 0.5893, то есть при среднем уровне адекватности при коэффициенте корреляции от 0.5 до 0.7. Отсюда следует, что увеличение длины динамического ряда в ретроспективу снижает адекватность моделирования.



Двухчленный тренд Первое колебание

Второе колебание Двухчленный тренд и два вейвлета

Рисунок 3. Графики общей модели (1) динамики среднегодовой температуры

Тренд содержит два члена и получил коэффициент корреляции 0.6168, что больше 0.5618 для одночленного тренда минимальной температуры и 0.6086 для двухчленного тренда максимальной температуры. Интенсивность показательного роста средней температуры равна 1.03071, что больше 1. Поэтому по второму члену рост средней температуры Центральной Англии оказывается ускоренным. В сравнении с максимальной температурой интенсивность показательного роста в 1.03071 / 0.39342 = 2.62 раза больше.

Из-за отрицательного знака первый вейвлет ориентирован на снижение среднегодовой температуры. При этом это стремление возрастает по амплитуде, но учащается по частоте колебания. в 1879 году период колебания был равен $2\times 55.65055 \approx 111.3$ лет. Этот период почти в 10 раз больше цикла солнечной активности или в 5 раз больше цикла обращения ядра Солнца вокруг самого себя. Аналогично второй вейвлет в 1879 году имел период колебания в $2\times 5.96040 \approx 11.92$ лет, то есть равен циклу солнечной активности.

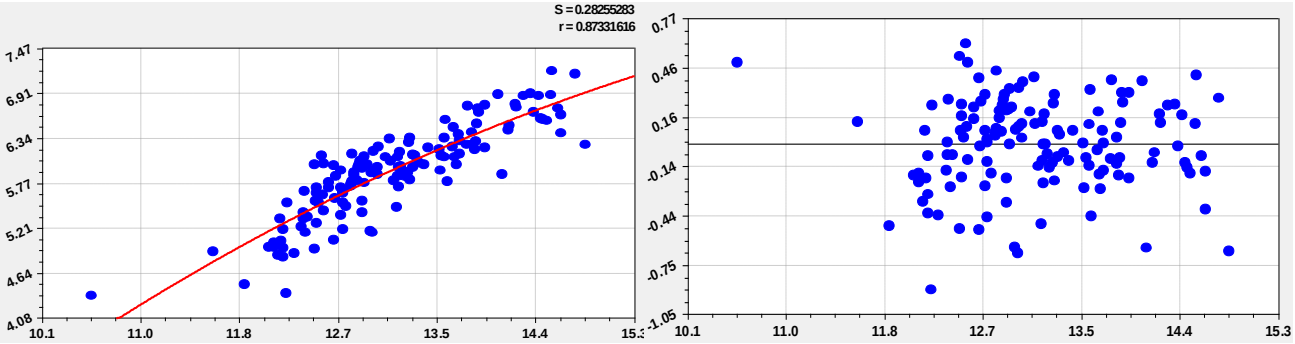
Тогда можно сделать вывод о том, что до конца XIX века климат четче подчинялся циклам солнечной активности, но затем человечество ввело хаотические изменения в колебательную адаптацию климата и погоды.

График четырехчленной модели на рисунке 3 показывает, что после 2018 года средняя температура, как и максимальная температура воздуха, получает тремор или дрожание с учащающейся частотой колебания. в итоге климат как бы идет в разнос, как это бывает перед аварией автомобиля.

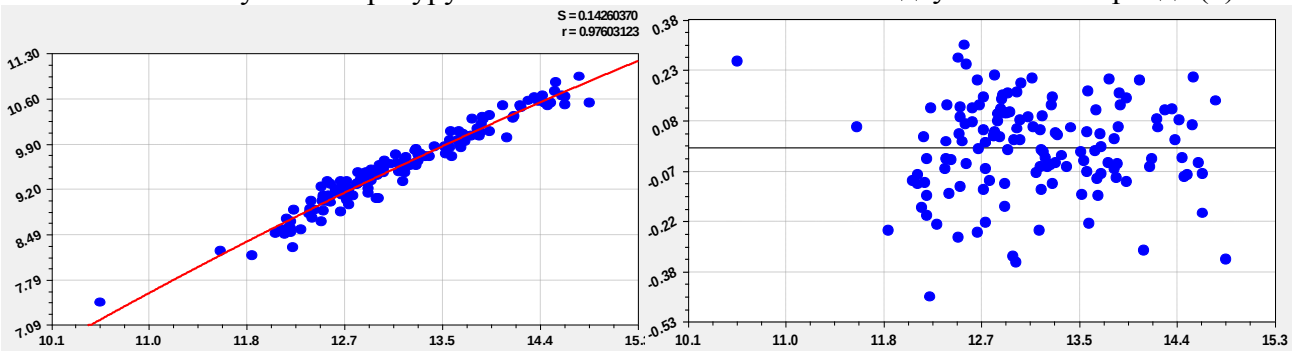
8. Бинарные отношения между разными температурами

Бинарные отношения, причем без всяких предварительных условий отбора, необходимы для оценки уровня адекватности взаимных отношений между принятыми факторами. Из-за квантовой запутанности отношений между факторами волновые уравнения по (1) не получаются, поэтому для идентификации была принята только модель тренда (2). Тогда коэффициент корреляции показывает квантовую определенность, а разница $1-r$ дает квантовую запутанность.

Влияние максимальной температуры воздуха. На остальные два фактора этот параметр воздуха влияет по двухчленным формулам тренда (рис. 4):



На минимальную температуру r =0.8733 Остатки после двухчленного тренда (3)



На среднюю температуру 0.9760 Остатки после двухчленного тренда (4)

Рисунок 4. Влияние максимальной температуры воздуха на другие параметры: левый столбец – графики трендов; правый столбец – остатки после тренда

- влияние максимальной температуры на минимальную температуру с коэффициентом корреляции 0.8733 по тренду (2) в виде уравнения

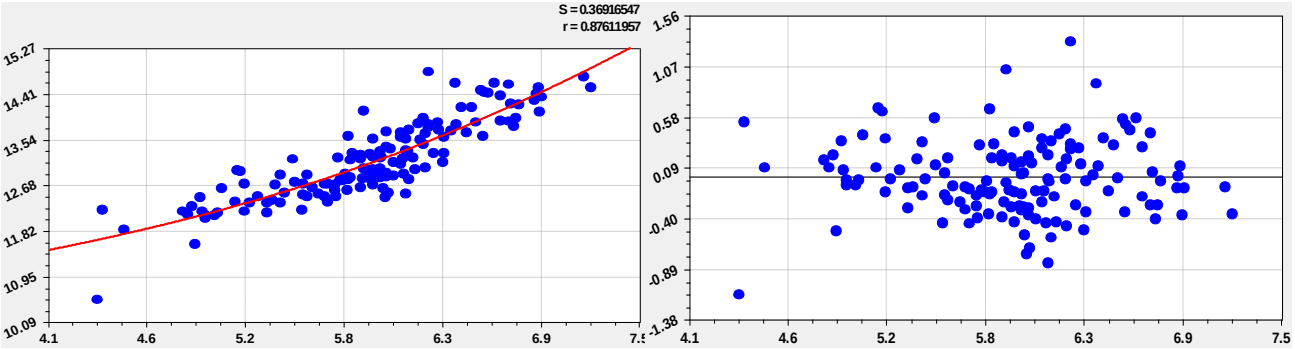
$$t_{\min} = -11.36693\exp(-0.054204 t_{\max}^{1.14678}) +$$
$$+ 0.93529 t_{\max}^{1.16677}\exp(-0.027815 t_{\max}^{1.21768}); \qquad (3)$$

- влияние максимальной температуры на среднюю температуру при коэффициенте корреляции 0.9760 по формуле

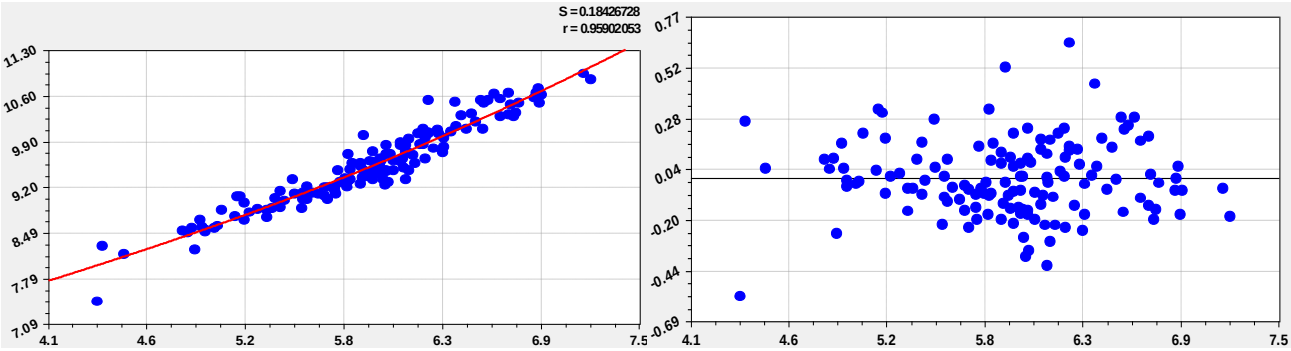
$$\bar{t} = -5.43734\exp(-0.050581 t_{\max}^{1.07379}) +$$
$$+ 0.98493 t_{\max}^{1.07640}\exp(-0.011358 t_{\max}^{1.23682}). \qquad (4)$$

С возрастанием максимальной температуры обе другие температуры начинают расти с отрицательных значений -11.37 ^{0}C для минимальной температуры и -5.44 ^{0}C для средней температуры. При этом второй член получает полную конструкцию биотехнического закона [5]. Из остатков на рисунке 4 видно, что по их расположению относительно оси абсцисс не просматривается закономерности.

Влияние минимальной температуры воздуха. На рисунке 5 даны графики влияния на другие параметры.



На максимальную температуру 0.8761 Остатки после двухчленного тренда (6)



На среднюю температуру 0.9590 Остатки после двухчленного тренда (7)

Рисунок 5. Влияние минимальной температуры воздуха на другие параметры: левый столбец – графики трендов; правый столбец – остатки после тренда

Графики левого столбца при квантовой определенности (распутанности) характеризуются уравнениями:

- влияние минимальной температуры на максимальную температуру при коэффициенте корреляции 0.8761 по формуле

$$t_{\max} = 7.99814\exp(-0.028312 t_{\min}{}^{2.16364}) + 1.31757 t_{\min}{}^{1.19252}; \qquad (5)$$

- влияние минимальной температуры на среднюю температуру с коэффициентом корреляции 0.9590 по выражению

$$\bar{t} = 3.90185\exp(-0.026934 t_{\min}{}^{2.20399}) + 1.17222 t_{\min}{}^{1.11458}; \qquad (6)$$

С возрастанием минимальной температуры по первому члену другие виды температуры убывают, но по второму члену в виде показательного закона растут с интенсивностью 1.19252 и 1.11458. Квантовая запутанность остатков неоднородна: в середине минимальной температуры наблюдается скученность точек.

Влияние средней температуры воздуха. Это влияние показано графиками на рисунке 6, которые были идентифицированы уравнениями вида:

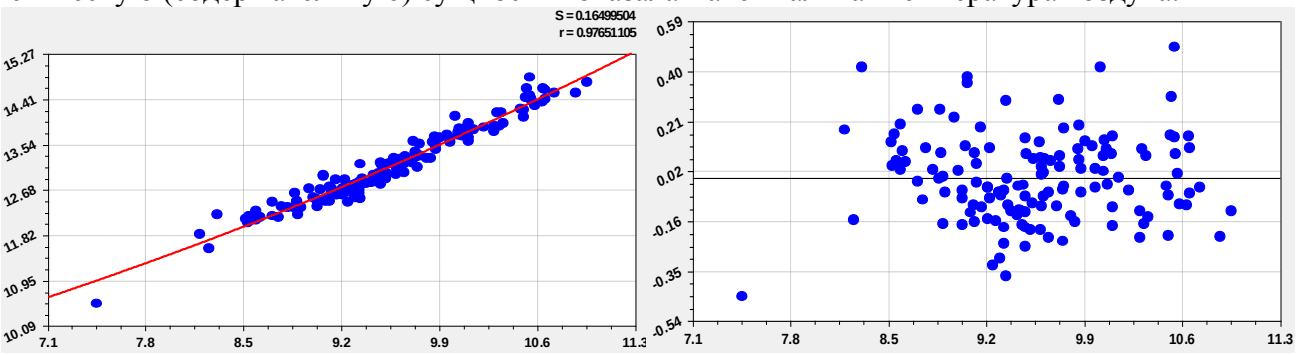
- влияние средней температуры на максимальную температуру при коэффициенте корреляции 0.9765 для формулы

$$t_{\max} = 4.16442\exp(-0.0069492\bar{t}^{2.44380}) + 0.94934\bar{t}^{1.13900}; \qquad (7)$$

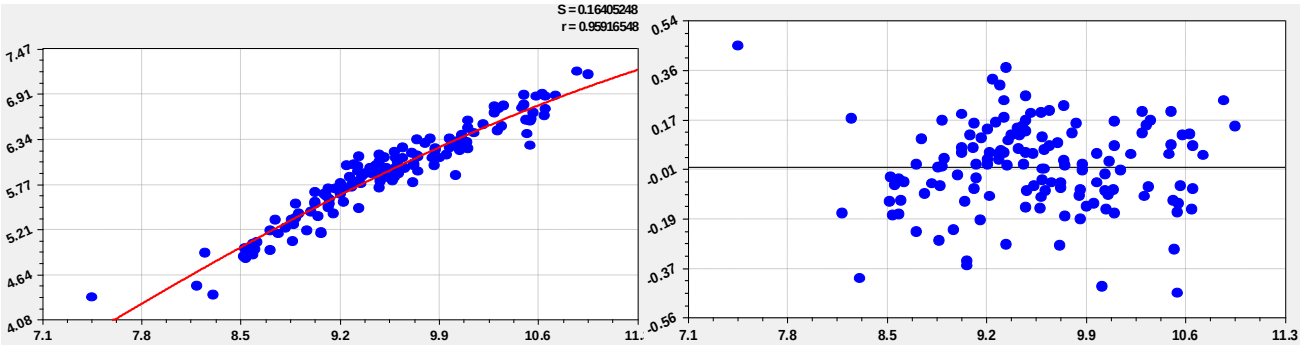
- влияние средней температуры на минимальную температуру с коэффициентом корреляции 0.9592 по формуле

$$t_{\min} = -3.73112\exp(0.071287\bar{t}^{1.15935}) +$$
$$+ 0.88263\bar{t}^{1.31899}\exp(-0.0065474\bar{t}^{1.15314}). \qquad (8)$$

Сравнение показывает, что наибольшее влияние с коэффициентом корреляции 0.9765 оказывает средняя температура на максимальную температуру воздуха в приземном слое атмосферы. При этом все шесть уравнений относятся к сильным связям, поэтому между тремя видами температуры существует высокая квантовая определенность. Но при прогнозировании наибольшую эвристическую (содержательную) сущность показала максимальная температура воздуха.



На максимальную температуру 0.9765 Остатки после двухчленного тренда (9)



На минимальную температуру 0.9592 Остатки после двухчленного тренда (10)

Рисунок 6. Влияние средней температуры воздуха на другие параметры: левый столбец – графики трендов; правый столбец – остатки после тренда

При нулевых значениях влияющих переменных по предыдущим формулам получим предельные теоретические значения зависимых показателей (табл. 6).

Таблица 6. Предельные значения метеорологических параметров при нулевых значениях влияющих переменных по уравнениям (3–8)

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)		
	t_{max}, ^{0}C	t_{min}, ^{0}C	$\bar{t}$, ^{0}C
Максимальная температура $t_{max} = 0$, ^{0}C	-	-11.37	-5.44
Минимальная температура $t_{min} = 0$, ^{0}C	8.00	-	3.90
Среднегодовая температура $\bar{t} = 0$, ^{0}C	4.16	-3.73	-

Из данных таблицы 6 видно, что наиболее опасным становится изменение максимальной температуры, когда при нулевом значении максимальной температуры минимальная температура в году достигает -11.37 ^{0}C.

Из рисунка 4 видно, что минимальная температура всегда была плюсовой и её наименьшее значение 4.36 ^{0}C была в 1879 году. В этом же году максимальная температура также имела минимальное значение 10.52 ^{0}C. в дальнейшем оба этих показателя только возрастали, соответственно, до 6.87 и 14.30 ^{0}C в 2017 году. Тогда снижение максимальной температуры до 0 ^{0}C становится климатической катастрофой.

9. Квантовая запутанность между температурами

На рисунках 5-8 квантовая запутанность характеризуется остатками во втором столбце графиков. Коэффициент корреляции квантовой запутанности определяется выражением $1 - r$ (табл. 7).

Таблица 7. Значения коэффициентов корреляции по уравнениям (3–8)

Влияющие факторы (параметры x)	Зависимые факторы (показатели y)	Коэффициент корреляции квантового поведения	
		распутанности	запутанности
Максимальная температура t_{max}, ^{0}C	t_{min}, ^{0}C	0.8733	0.1267
	$\bar{t}$, ^{0}C	0.9760	0.0240
Минимальная температура t_{min}, ^{0}C	t_{max}, ^{0}C	0.8761	0.1239
	$\bar{t}$, ^{0}C	0.9590	0.0410
Среднегодовая температура $\bar{t}$, ^{0}C	t_{max}, ^{0}C	0.9765	0.0235
	t_{min}, ^{0}C	0.9592	0.0408

Введем новое понятие – ***квантовая распутанность***, которая показывает адекватность выявления математических закономерностей в виде вейвлет сигналов. Поэтому адекватность квантовой распутанности характеризуется тем же значением коэффициента корреляции, который был получен в ходе применения метода идентификации асимметричных вейвлетов.

Как видно из данных таблицы 7, квантовая запутанность трех метеорологических параметров

очень малая.

10. Границы и центры квантовых запутанностей

Границами остатков по графикам на рисунках 4-6 в простейшем случае становятся стороны вдоль осей абсцисс и ординат у прямоугольника, описывающего рой точек (до 3300 точек программная среда может показать весь рой).

Координатами центров роя остатков могут быть приняты средние арифметические значения по абсциссе и ординате. Могут быть и специальные центра по моде и другим статистическим показателям выборки.

11. Заключение

Для каждой наземной метеостанции необходимо изучать ***точечные распределения*** метеорологических измерений. Парные связи между метеопараметрами позволяют изучать ***кванты поведения*** климата и погоды для разных периодов времени: многолетний, однолетний, период онтогенеза растений [8-11], сезонный, месячный, недельный, суточный, часовой и минутный.

Мы различаем два вида квантов поведения:

во-первых, в динамике каждый фактор расчленяется на сумму вейвлетов, то есть во времени фактор представляется как жгут уединенных волн (солитонов) и этот процесс характеризуется как ***квантовая распутанность***;

во-вторых, взаимное влияние климатических и метеорологических факторов с равномерной или неравномерной периодичностью измерений дополнительно получает ***квантовую запутанность*** в некоторых границах поведения.

Таким образом, любое явление или процесс можно оценивать по уровню адекватности (коэффициенту корреляции) разложения функциональной связности поведения системы на квантовую распутанность и квантовую запутанность.

Концепция колебательной адаптации в природе предполагает, что между выделенными в таблице 1 факторами существуют зависимости в виде волновых уравнений. Однако оказалось, что между указанными тремя факторами температуры нет волновой связи, что указывает на наличие достаточно сильной квантовой запутанности метеоданных.

Если остатки после вейвлет-анализа дальше не моделируются, то специалисты говорят о некоем шуме. Но мы считаем, что шумом можно назвать только такие остатки, которые равны или меньше ошибки измерений. Поэтому часть шума, превышающей ошибки измерений, следует отнести к квантовой запутанности. А долю значений параметров, определяемых выявленными закономерностями, следует отнести к квантовой распутанности.

При факторном анализе время исключается, и оно выступает только как системообразующий фактор, обеспечивающий отношения между тремя параметрами климата и погоды. Поэтому адекватность моделей динамики учитывается в диагональных клетках корреляционной матрицы. Кроме времени, в факторном анализе возможны различные списки объектов.

Коэффициент корреляционной вариации, то есть мера функциональной взаимосвязи между параметрами системы (годичной погоды на метеостанции), равен ***7***.4073 / 3^2 = 0.8230. Как влияющая переменная на первом месте оказался метеорологический параметр “Среднегодовая температура”, на втором – “Максимальная температура” и на третьем месте – “Минимальная температура”. Как зависимый показатель на этих же местах расположились три вида температуры.

Сравнение показывает, что среди бинарных отношений между тремя температурами наибольшее влияние с коэффициентом корреляции 0.9765 оказывает средняя температура на максимальную температуру воздуха в приземном слое атмосферы. При этом все шесть уравнений относятся к сильным связям, поэтому между тремя видами температуры существует высокая квантовая определенность. Но при прогнозировании наибольшую эвристическую (содержательную) сущность показала максимальная температура воздуха.

Иерархия методов статистической климатологии на основе идентификации устойчивых законов и закономерностей следующая:

1) формирование табличной модели и кластерный анализ факторов;
2) рейтинг объектов и субъектов в заданной системе факторов;
3) ранговые распределения или вейвлет-анализ динамика факторов;
4) анализ колебательной адаптации параметров системы;
5) факторный анализ показателей системы;
6) рейтинг влияющих и зависимых факторов;

7) анализ бинарных отношений между факторами;
8) фрактальный анализ вейвлетов;
9) составление прогнозных моделей по вейвлетам динамики;
10) многофакторное иерархическое моделирование.

В данной статье были показаны методы 3-7.

Библиографический список:

1. R.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.

2. G. Manley. 1953. The mean temperature of Central England, 1698 to 1952. Q.J.R. Meteorol. Soc., Vol 79, pp 242-261.

3. G. Manley. 1974. Central England Temperatures: monthly means 1659 to 1973. Q.J.R. Meteorol. Soc., Vol. 100, pp. 389-405.

4. P.M. Mazurkin. Influence of Parameters of Water Regime and Hydrological Changes on the Pasture. Biostat Biometrics Open Acc J. 2018; 6(4): 555695. DOI: 10.19080/BBOJ.2018.06.555695.

5. 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

6. P.M. Mazurkin. Wave patterns of annual global carbon dynamics (according to information Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx). Materials of the International Conference “Research transfer” - Reports in English (part 2). November 28, 2018. Beijing, PRC. P.164-191.

7. P.M. Mazurkin, A.I. Kudrjashova. Factor analysis of annual global carbon dynamics (according to Global_Carbon_Budget_2017v1.3.xlsx). Materials of the International Conference “Research transfer” - Reports in English (part 2). November 28, 2018. Beijing, PRC. P.192-224.

8. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Квантовая метеорология: факторный анализ трехчасовых измерений четырех Метеорологических параметров за 2012-2018 годы // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.15-28.

9. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Квантовая фитометеорология: факторный анализ трехчасовых измерений четырех метеопараметров за вегетационные периоды 2012-2018 годов // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.28-43.

10. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Кванты поведения метеопараметров по трехчасовым измерениям между декабрьскими солнцестояниями // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.43-58.

11. Мазуркин П.М., Кудряшова А.И. Кванты поведения метеопараметров по трехчасовым измерениям в вегетационный период березы повислой // American Scientific Journal № (24) / 2019. С.59-75.

12. D.E. Parker, T.P. Legg, C.K. Folland. 1992. A new daily Central England Temperature Series, 1772-1991. Int. J. Clim., Vol. 12, pp. 317-342.

13. D.E. Parker, E.B. Horton. 2005. Uncertainties in the Central England Temperature series since 1878 and some changes to the maximum and minimum series. International J.Climatology, Vol. 25, pp. 1173-1188.

14. C.A. Polgar, R.B. Primack. Leaf-out phenology of temperate woody plants: from trees to ecosystems // New Phytologist (2011) 191: 926–941. doi: 10.1111/j.1469-8137.2011.03803

15. M. Rousi, J. Pusenius/ Variations in phenology and growth of European white birch (*Betula Pendula*) clones // 2005. *Heron Publishing—Victoria, Canada*. Tree Physiology 25, 201–210/

16. Y. Zhang, L. Bielory, P. Georgopoulos. Climate change effect on *Betula* (birch) and *Quercus* (oak) pollen seasons in US // *Int J Biometeorol*. 2014 July; 58(5): 909–919. doi:10.1007/s00484-013-0674-7.

Кузьменко Вячеслав Петрович
Kuzmenko Vyacheslav Petrovich
Студент Забайкальского государственного университета,
факультет строительства и экологии
направление «Техносферная безопасность»
ПАО ППГХО, имени Е.П.Славского
E-mail: mosem69@br.ru

УДК 504.064.36:574

АВАРИИ НА ОБЪЕКТАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

ACCIDENTS AT THE FACILITIES OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX AND HOUSING AND COMMUNAL SERVICES OF THE TRANS-BAIKAL TERRITORY

Анотация: Наиболее характерными последствиями техногенных чрезвычайных ситуаций могут быть аварийные отключения электроэнергии в городах и населенных пунктах: повреждения линий электропередачи при ветре с порывами до 20-35 м/с, налипании снега и отложении льда на проводах, грозовых тросах и опорах ВЛ более 20 мм. В весенне-летний периоды при возникновении лесных, степных пожаров возможно массовое выгорание деревянных опор воздушных линий электропередачи

Abstract: the most characteristic effects of man-made emergencies may be emergency blackouts in cities and settlements: damage to transmission lines in windy conditions with gusts up to 20-35 m/s, the buildup of snow and deposition ice on wires, lightning cable and supports VL more 20 mm. In spring and summer when the occurrence of forest, steppe fires possibly a massive Burnout of wooden poles overhead transmission lines.

Ключевые слова: Жилищно-комунальный комплекс, объект, авария, энергоснабжение, износ основных фондов, кательные, топливно-энергетический комплекс.

Keywords: housing and community complex, object, crash, electricity, depreciation of fixed assets, katelnye, fuel and energy complex.

Введение.

Общее состояние жилищно-коммунального комплекса Забайкальского края характеризуется высокой степенью износа основных фондов, неэффективной работой предприятий, большими потерями тепла, энергии, воды, других ресурсов, что обусловлено дотационностью, неудовлетворительным финансовым положением, высокой затратностью, отсутствием экономических стимулов снижения издержек на производство жилищных и коммунальных услуг, неразвитостью конкурентной среды.

Основной раздел.

Энергоснабжение потребителей осуществляется семью действующими электростанциями, из них Читинская ТЭЦ-2 эксплуатируется с 1936г; Шерловогорская ТЭЦ – с 1956г, Читинская ТЭЦ-1 с 1965г, Приаргунская ТЭЦ – с 1961г, Первомайская ТЭЦ – с 1962г, Краснокаменская ТЭЦ – с 1972г, Харанорская ТЭЦ – с 1995г.

Имеет место недостаточный отпуск тепловой энергии потребителям по причине утечки теплоносителя из-за большой изношенности инженерных сетей.

Техническое состояние водопроводных сетей, несмотря на ежегодно проводимые мероприятия по подготовке к работе в зимних условиях и замену ветхих водопроводов, остается неудовлетворительным. В среднем по краю водопроводные сети изношены на 75%, в том числе в г. Балей и Тунгокоченском районе 80% сетей требуют замены, в г. Борзя - 70%, в г. Чита –73%, в Газимуро-Заводском районе -75%.

Средний износ тепловых сетей составляет 67%. В отдельных районах замене подлежат более 50% тепловых сетей, из них в Тунгокоченском районе - 82%, в г. Борзе - 70%, в г. Балее –58%.

Канализационные сети в среднем по краю изношены на 36%, наибольший процент износа в г. Балее – 85%, г. Чите –74%, в Тунгокоченском районе –83%, в Газимуро-Заводском районе-75%.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что наиболее серьезное положение на коммуникациях жилищно-коммунального хозяйства в следующих населенных пунктах: г.Чита, г. Балей, г. Борзя, Оловяннинский, Тунгокоченский район.

Ограничения подачи воды на котельные, отапливающие жилищный фонд населенных пунктов возможны практически во всех районах края.

Рисунок-1. г.Краснокаменск.

Анализ особенностей технологических процессов объектов энергетики, степени износа основных производственных фондов, ожидаемого температурного режима и ряда других факторов показывает, что возможно сезонное увеличение количества техногенных чрезвычайных ситуаций, особенно в отопительный период. Возможны крупные аварии на тепловых сетях, вызванных главным образом значительным возрастанием нагрузок на системы энергоснабжения и теплоснабжения города Чита, и промышленных предприятий в холодное время года, а также тяжелыми условиями эксплуатации технологического оборудования при больших перепадах температуры.

Возможны возникновения следующих аварийных ситуаций, связанных с нарушением и прекращением тепло/энергоподачи потребителям:

- массовые повреждения электрооборудования Городских электрических сетей;
- аварийные ситуации на ВЛ-220, 110 и 35 кВ, повреждения металлических опор;
- стихийные явления, сопровождаемые массовыми повреждениями линий электропередач, подстанционного оборудования (снежные заносы, обледенение, подтопление и т. д.);
- прекращение обеспечения электричеством жилых кварталов домов, жизненно важных объектов из-за порыва проводов, обрушения опор от обильного снега, сильного ветра.

Наиболее характерными последствиями техногенных чрезвычайных ситуаций могут быть аварийные отключения электроэнергии в городах и населенных пунктах: повреждения линий электропередачи при ветре с порывами до 20-35 м/с, налипании снега и отложении льда на проводах, грозовых тросах и опорах ВЛ более 20 мм. В весенне-летний периоды при возникновении лесных, степных пожаров возможно массовое выгорание деревянных опор воздушных линий электропередачи.

Заключение.

Возможно возникновение аварийных ситуаций на инженерных сетях и сооружениях коммунального хозяйства с возможной гибелью людей, нарушением жизнеобеспечения населения:

- взрыв котла с разрушением строительных конструкций здания котельной;
- взрыв котла без разрушения строительных конструкций здания котельной;
- возгорание твердого топлива на складе;
- возгорание твердого топлива в котельной;
- возгорание жидкого топлива;
- утечка газа в помещении котельной;
- взрыв газовоздушной смеси в котельной с разрушением строительных конструкций зданий;
- разрушение поверхностей нагрева котлов (порывы, перфорация, течи котлов);
- порыв на сетях тепловодоснабжения с отключением потребителей;
- порыв на сетях тепловодоснабжения с ограничением подачи тепла и воды потребителям;
- порыв на канализационных сетях с изливом стоков на поверхность и фильтрованием их через земельный покров с попаданием в водоносные горизонты;
- порыв на канализационных сетях с изливом стоков на поверхность без попадания в водоносные горизонты;
- размораживание участков тепловых и водопроводных сетей;
- прекращение подачи электрической энергии к источникам тепла, воды, насосным станциям;
- падение или наклон дымовой трубы;
- размывание грунта с обрушением дорожного покрытия при утечках из сетей тепловодоснабжения и водоотведения;
- выход из строя насосного оборудования (глубинные насосы на скважинах, насосные группы в котельных, на станциях перекачки систем водоотведения, насосные станции водоснабжения, на насосных станциях тепловых сетей);
- размораживание внутренних систем тепловодоснабжения и водоотведения в жилых и общественных зданиях (стояки в подъездах, трубопроводы в технических подвалах и на чердаках, приборы отопления);
- разрушение строительных конструкций (котельных, насосных станций, павильонов).
- утечка хлора в местах его хранения и в здании хлораторной;
- падение или наклон водонапорной башни.

Утечки газа на распределительных подземных газопроводах природного газа в жилых домах и квартирах, газифицированных природным газом, могут привести к образованию газовоздушного облака в квартирах, на лестничных площадках и подвалах зданий, к его взрыву, пожару, к разрушению зданий, гибели и травмированию людей.

Библиографический список:

1.О теплоснабжении: Федеральный закон от №190-ФЗ 27.07.2010 [Электронный ресурс] : URL: http://base.garant.ru/12177489/ (дата обращения: 13.08.2016).

2. . Акимов В.А., Соколов Ю.А. Риски аварий в сфере жилищно-коммунального хозяйства России / В.А. Акимова, Ю.А. Соколов. - М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФИ), 2013. - 344 с. КиберЛенинка: https://cyberleninka.ru/article/n/nadyozhnost-teplosnabzheniya-kak-faktor-energeticheskoy-bezopasnosti-selitebnyh-territoriy

3. Исаева Л.К., Сулименко В.А Экологическая безопасность объектов топливно-энергетического комплекса / Л.К. Исаева, В.А. Сулименко // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. -2013. - № 4. - С. 4-9. КиберЛенинка: https://cyberleninka.ru/article/n/nadyozhnost-teplosnabzheniya-kak-faktor-energeticheskoy-bezopasnosti-selitebnyh-territoriy

4. Схема и программа развития электроэнергетики Забайкальского края на период 2015-2019 гг. Пояснительная записка 01/14-ЭЭС Ректор ФГБОУ ВПО «ЗабГУ» С.А. Иванов Заместитель начальника управления ЖКХ и энергетики Министерства территориального развития АА. Логинов,2014год.

5. Постановление Правительства Забайкальского края от 31.12.2015 N 651 "Об утверждении государственной программы Забайкальского края "Развитие жилищно-коммунального хозяйства Забайкальского края""

Мирославский Дмитрий Евгеньевич
Miroslavskiy Dmitriy Evgenievich
Ведущий инженер-конструктор Управления медицинской техники
АО «Равенство», Санкт-Петербург

УДК 681.511.2

МЕТОД КОЭФФИЦИЕНТОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ

METHOD OF COEFFICIENTS AND ITS APPLICATION FOR EVALUATING THE QUALITY OF AUTOMATIC SYSTEMS AND DESIGNING OF REGULATORS

Аннотация: в статье описан метод оценки качества линейных замкнутых систем автоматического управления, основанный на взаимосвязи параметров передаточной функции системы с ее прямыми показателями качества. Предложен метод определения структуры и расчета регулятора, обеспечивающего получение в этой системе требуемых качественных характеристик.

Annotation: In article, the method of assessment of quality of the linear closed systems of automatic control based on interrelation of parameters of transfer function of a system with its direct indicators of quality is described. The method of determination of structure and calculation of the regulator providing in this system of the required qualitative characteristics is offered.

Ключевые слова: замкнутая автоматическая система, регулятор, метод коэффициентов, качественные характеристики, передаточная функция, переходный процесс, нормализованная структура, коэффициент демпфирования.

Keywords: the closed automatic system, the regulator, method of coefficients, qualitative characteristics, transfer function, transition process, the normalized structure, damping coefficient.

При проектировании любой автоматической системы одной из основных задач, стоящих перед разработчиком, является определение структуры и параметров регулятора, который в течение всего срока службы обеспечит устойчивую работу системы с заданными качественными характеристиками. Помимо этого, регулятор должен быть достаточно простым в реализации, т.е. при проектировании необходимо соблюдать принцип «разумной достаточности». В [1; 2] для линейных систем предложен эффективный метод выбора структуры регуляторов и их расчета. Этот метод основан на взаимосвязи параметров системы с ее прямыми показателями качества. Прямые показатели качества были предложены В.В. Солодовниковым, основными из которых являются: длительность переходного процесса, выбросы перерегулирования, скорость затухания колебаний, установившаяся ошибка.

Динамика линейной системы описывается известными уравнениями, имеющими при записи в матричной форме следующий вид

$$\begin{cases} \dot{X}(t)=AX(t)+BZ(t)+DF(t) \\ Y(t)=GX(t) \end{cases} \qquad (1)$$

где X(t) – вектор фазовых переменных системы; Z(t) – вектор входного задающего воздействия; F(t) – вектор возмущающего воздействия; Y(t) – реакция на выходе системы; A, B, D и G – матрицы параметров системы. При записи в операторной форме уравнения (1) примут вид

$$\begin{cases} pX(p)=AX(p)+BZ(p)+DF(p) \\ Y(p)=GX(p) \end{cases} \qquad (2)$$

Из (2) можно найти функции передачи системы по управляющему и возмущающему воздействиям

$$Y(p)=G(pI\text{-}A)^{-1}BZ(p)\ ;\quad Y(p)=G(pI\text{-}A)^{-1}DF(p) \qquad (3)$$

Учитывая, что

$$(pI\text{-}A)^{-1}=M^{T}(p)/\det(pI\text{-}A)$$

где $M^T(p)$ – транспонированная матрица миноров матрицы (pI-A), функцию передачи системы по управляющему воздействию можно записать в виде

$$Y(p)=\frac{GM^{T}(p)B}{\det(pI\text{-}A)}Z(p) \qquad (4)$$

Особый интерес представляют элементы главной диагонали матрицы

$$\frac{1}{\det(pI\text{-}A)}GM^{T}(p)B, \qquad (5)$$

которые определяют основные характеристики системы управления. Элементы вне главной диагонали определяют перекрестные связи между управляемыми переменными системы, в перспективе целесообразно эти элементы сделать нулевыми.

При отсутствии перекрестных связей функции передачи для отдельных управляемых переменных будут иметь вид

$$y_k(p)=\left[\sum_{j=0}^{m}b_{kj}(p)\Big/\sum_{i=0}^{n}a_i(p)\right]z_k(p),\quad \Phi_k(p)=\sum_{j=0}^{m}b_{kj}(p)\Big/\sum_{i=0}^{n}a_i(p) \qquad (6)$$

Второе выражение в (6) представляет собой передаточную функцию для k-ой управляемой переменной. Коэффициенты числителя передаточной функции влияют лишь на форму переходных процессов в системе и точность ее работы. Знаменатель передаточной функции, называемый также характеристическим полиномом системы, является общим для всей системы и определяет ее устойчивость, точность и форму переходных процессов.

Прямые показатели качества определяются по переходной функции системы – ее реакции на ступенчатое входное воздействие. Наличие нулей – корней полинома числителя передаточной функции изменяет форму переходной функции, так как на основной переходный процесс накладываются переходные процессы, вызванные импульсными функциями – производными по временам от ступенчатой функции. Чтобы получить истинное представление о переходном процессе в системе, необходимо анализировать базовую передаточную функцию, т.е. функцию, которая не содержит нулей.

$$\Phi_0(p)=b_0\Big/\sum_{i=0}^{n}a_i(p) \qquad (7)$$

Типичная форма переходной функции такой системы приведена на рис. 1. По виду переходной функции можно количественно оценить качество процессов управления системой. Оно считается удовлетворительным, если регулируемая величина совершает не более трех колебаний вблизи нового положения равновесия, что численно можно определить соотношениями:

$\sigma_3 = (0\ldots0{,}1)\,\sigma_1$ и $|\sigma_1| > |\sigma_2| > |\sigma_3| > |\sigma_4| > \ldots$

Длительность первого установления t_e позволяет оценить период затухающих колебаний при колебательном характере переходного процесса, а величины отношений
$|\sigma_2|/|\sigma_1|$, $|\sigma_3|/|\sigma_1|$, $|\sigma_4|/|\sigma_1|$, … характеризуют скорость затухания колебаний.

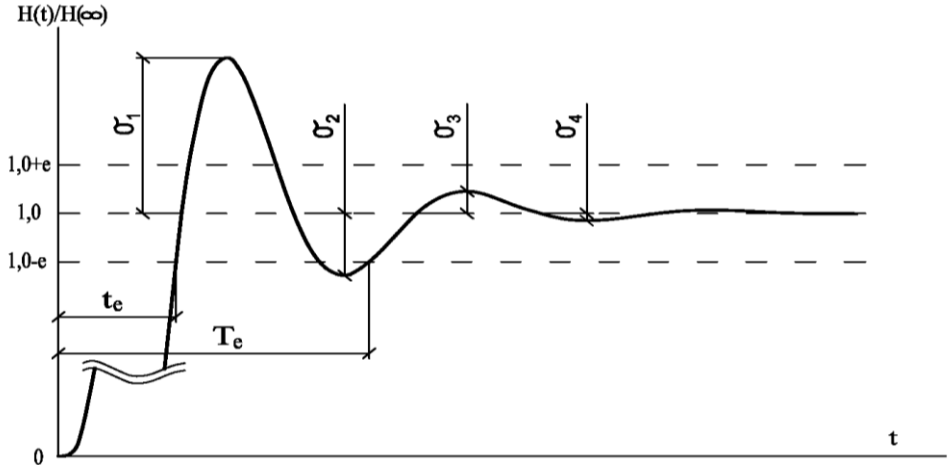


Рисунок 1. Типичная форма переходного процесса в устойчивой автоматической

Системе с передаточной функцией (6) может быть сопоставлена приведенная на рис. 2 структурная схема (коэффициент k не принимаем во внимание) .

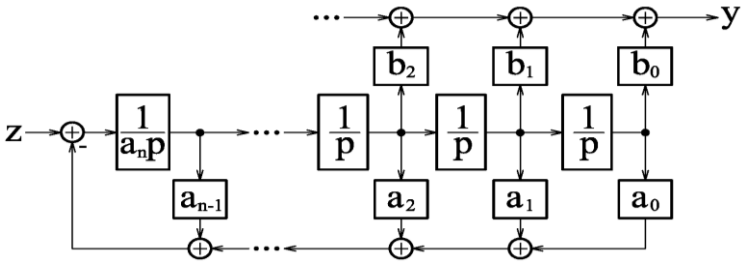


Рисунок 2. Структурная схема исходной системы.

Используя эквивалентные преобразования, приведем структурную схему системы на рис. 2 к виду, показанному на рис. 3. На этом рисунке введены обозначения:

x_i – фазовые координаты системы; $C_i=a_i/a_{i+1}$; $i = 0\ldots n-1$; $B_j=b_j/a_j$ $j=0\ldots m$ (8)

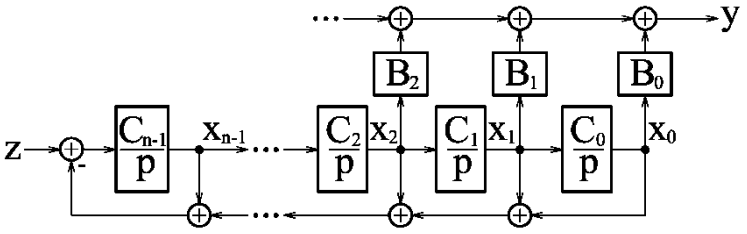


Рисунок 3. Структурная схема преобразованной системы.

Выполним в преобразованной системе (рис. 3) замену переменной p и введем новые обозначения коэффициентов в соответствии со следующими соотношениями

$p=C_0 s$; $C_i^*=C_i/C_0$; $i = 0\ldots n-1$; $B_j^*=B_j/B_0$; $j=1\ldots m$; $y^*=y/B_0$. (9)

В результате – структурная схема системы на рис. 3 преобразуется к виду, показанному на рис. 4. На основании известных свойств преобразования Лапласа из соотношения $p=C_0 s$ следует, что изменение коэффициента C_0 приводит к изменению только масштаба времени переходной функции без изменения ее формы. Поэтому нормирование по коэффициенту C_0 приводит переходные функции систем со структурой на рис. 4 к единой временной базе.

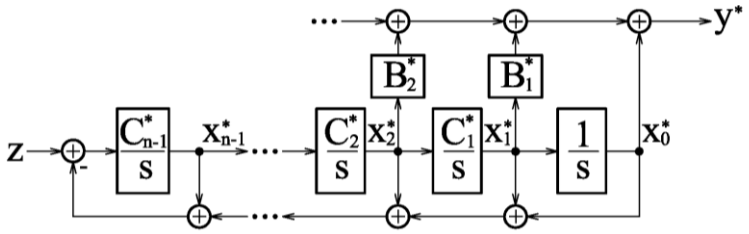


Рисунок 4. Структурная схема нормализованной системы.

Совокупность коэффициентов $\{C_i^*;\ B_j^*\ (i = 1\ \ldots\ n-1;\ j=1\ldots m)\}$ определяет форму переходной функции. Исходя из сказанного, систему с приведенной на рис. 4 структурной схемой можно назвать нормализованной.

Используя критерий устойчивости Рауса-Гурвица, можно определить ограничения, накладываемые на значения коэффициентов C_i^*, при соблюдении которых системы будут устойчивы:

$C_2^*>1$ для систем 3-его порядка,

$C_3^*\left(C_2^*-1\right)>C_2^*C_1^*;\ C_2^*>1$ для систем 4-ого порядка,

$C_4^*C_3^*\left(C_4^*/C_2^*-1\right)\left(C_2^*-1\right)>C_1^*\left(C_4^*-1\right)^2;\ C_4^*>C_2^*>1$ для систем 5-ого порядка, (10)

В установившемся режиме с помощью коэффициентов ошибок, определяемых из передаточной функции системы по ошибке, можно оценить точность работы этой системы

$$E(p) = 1 - \Phi_n(p) = \frac{\sum_{j=0}^{m}\left(a_j - b_j\right)p^j + \sum_{j=m+1}^{n} a_j p^j}{\sum_{i=0}^{n} a_i p^i} = E_0 + E_1 p + E_2 p^2 + E_3 p^3 + \ldots$$

Сами коэффициенты ошибок определяются выражением

$$E_j = \frac{1}{a_0}\left(a_j - b_j - \sum_{r=0}^{j-1} E_r a_{j-r}\right) \qquad (11)$$

Раскрывая (11), определим

$$\left.\begin{aligned} &E_0 = \left(a_0 - b_0\right)/a_0 = 1 - B_0; \quad E_1 = \left(a_1 - b_1 - E_0 a_1\right)/a_0 = B_0\left(1 - B_1^*\right)/C_0; \\ &E_2 = \left(a_2 - b_2 - E_0 a_2 - E_1 a_1\right)/a_0 = B_0\left(\left(1 - B_2^*\right)/C_1^* + B_1^* - 1\right)/\left(C_0\right)^2; \\ &E_3 = \left(a_3 - b_3 - E_0 a_3 - E_1 a_2 - E_2 a_1\right)/a_0 = B_0\left(\left(1 - B_3^*\right)/\left(C_1^* C_2^*\right) + \left(B_1^* + B_2^* - 2\right)/C_1^* + 1 - B_1^*\right)/\left(C_0\right)^3; \ldots \end{aligned}\right| \qquad (12)$$

Из вышеизложенного следует, что соответствующим выбором значений коэффициентов $\{C_i^*; B_j^*$ $(i = 1 \ldots n-1; j=1\ldots m)\}$ и коэффициента C_0 можно рассчитать параметры эталонной системы, имеющей требуемые качественные характеристики.

Определим взаимосвязь параметров нормализованной системы с формой ее переходной функции при отсутствии в передаточной функции нулей, т.е. для системы с передаточной функцией вида (7). Предварительно рассмотрим частный случай, когда корни характеристического полинома – вещественные числа. Для этой системы передаточная функция определяется выражением следующего вида

$$\Phi_n(p) = \prod_{i=1}^{n} \frac{1}{T_i p + 1}. \qquad (13)$$

После несложных преобразований соотношений (13) найдем значения коэффициентов C_i:

$$C_0 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} T_i}; \; C_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} T_i T_j}; \; C_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n} T_i T_j}{\sum_{i=1}^{n-2}\sum_{j=i+1}^{n-1}\sum_{k=j+1}^{n} T_i T_j T_k}; \ldots; \; C_{n-1} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{T_i}$$

Эквивалентная (13) передаточная функция нормализованной системы определится выражением

$$\Phi_n^*(s) = \prod_{i=1}^{n}\left\{1\Big/\left[\left(T_i\Big/\sum_{j=1}^{n} T_j\right)s + 1\right]\right\}. \qquad (14)$$

Нетрудно заметить, что сумма всех постоянных времени в системе (14) равна единице.

При n=1 выражение (14) определит передаточную функцию нормализованной системы первого порядка. Длительность переходного процесса в ней составляет $T_{0,95}=3$.

$$\Phi_1^*(s) = 1/(s+1). \qquad (15)$$

Для n=2 получим передаточную функцию нормализованной системы второго порядка

$$\Phi_2^*(s) = 1\Big/\left\{\left[T_1/\left(T_1+T_2\right)\right]s+1\right\} \times 1\Big/\left\{\left[T_2/\left(T_1+T_2\right)\right]s+1\right\}. \qquad (16)$$

Соответствующая структурная схема системы приведена на рис. 5.

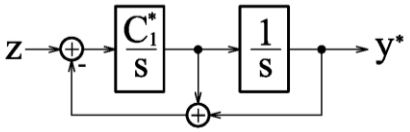


Рисунок 5. Нормализованная структурная схема системы второго порядка.

Значение коэффициента C_1^* определяется выражением

$$C_1^* = \left(T_1 + T_2\right)^2 / \left(T_1 T_2\right), \qquad (17)$$

Передаточная функция системы (16) с учетом (17) может быть записана в виде

$$\Phi_2^*(s)=1/\left(s^2/C_1^*+s+1\right), \qquad (18)$$

Коэффициент C_1^* – единственная степень свободы в изменении формы переходной функции системы (18). При $T_1= T_2$ коэффициент C_1^* принимает минимально возможное для рассматриваемого случая значение, равное 4 и, следовательно, внутренний контур оказывает на систему максимальное влияние. При увеличении или уменьшении значения любой постоянной времени относительно другой коэффициент C_1^* будет увеличиваться, при этом быстродействие внутреннего контура возрастет, а форма переходной функции системы (18) приблизится к форме переходной функции системы (15). При $T_1= T_2$ (18) преобразуется к виду

$$\Phi_2^*(s)\big|_{T_1=T_2}=1/\left(s/2+1\right)^2. \qquad (19)$$

Нетрудно проверить, что система с передаточной функцией (19) имеет самое высокое быстродействие среди семейства систем (18). Для нее длительность переходного процесса составляет $T_{0,95}$ = 2,37. Уменьшение длительности переходного процесса оказывается возможным при уменьшении коэффициента C_1^*, но при этом в системе появляется перерегулирование. Так как единственный коэффициент C_1^* фактически определяет степень демпфирования переходных процессов в системе (18), то его можно представить, как коэффициент демпфирования первого порядка.

При n=3 выражение (14) преобразуется к виду

$$\Phi_3^*(s)=\prod_{i=1}^{3}1/\left\{\left(T_i/\left(T_1+T_2+T_3\right)\right)s+1\right\}. \qquad (20)$$

Нормализованная структурная схема этой системы приведена на рис. 6. По аналогии с системой второго порядка для внутреннего контура (на рис. 6 он выделен пунктиром) определим коэффициент

$$D_2=C_2^*/C_1^*=C_2/C_1$$

и назовем его коэффициентом демпфирования второго порядка. Коэффициенты D_1 и D_2 однозначно определяют форму переходной функции системы (20). Для нее значения этих коэффициентов определяются следующими выражениями

$$D_1=\frac{\left(T_1+T_2+T_3\right)^2}{T_1T_2+T_1T_3+T_2T_3};\ D_2=\frac{\left(T_1T_2+T_1T_3+T_2T_3\right)^2}{T_1T_2T_3\left(T_1+T_2+T_3\right)}. \qquad (21)$$

Проанализировав соотношения (21), можно установить, что при $T_1 = T_2 = T_3$

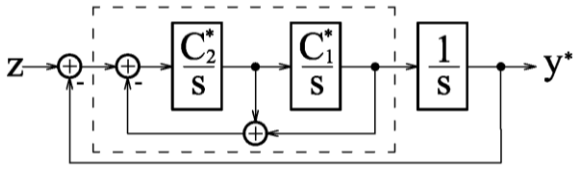


Рисунок 6. Структурная схема нормализованной системы третьего порядка.

коэффициенты D_1 и D_2 одновременно принимают минимально возможные значения, равные 3. В этом случае выражение (20) для передаточной функции системы преобразуется к виду

$$\Phi_3(s)\big|_{T_1=T_2=T_3}=1/\left(s/3+1\right)^3. \qquad (22)$$

Система с передаточной функцией (22) имеет самое высокое быстродействие в семействе систем с передаточными функциями вида (20), для нее $T_{0,95}$ = 2,1. Дальнейшее повышение быстродействия системы возможно лишь при выборе значений коэффициентов демпфирования меньше 3. Характеристический полином системы будет иметь при этом пару комплексно-сопряженных корней, а на переходной функции появятся выбросы перерегулирования. Их величинами в определенных пределах можно управлять, изменяя значения коэффициентов D_1 и D_2. В соответствии с (12) условие устойчивости системы третьего порядка можно записать в виде $D_2 > 1/ D_1$.

Коэффициенты демпфирования можно ввести для линейных систем любого порядка. В общем случае коэффициент демпфирования i-ого порядка определяется следующим соотношением:

$$D_i=C_i/C_{i-1}=a_i^2/(a_{i+1}a_{i-1});\ i=1,...n-1. \qquad (23)$$

Для систем с передаточной функцией вида (14) коэффициенты демпфирования являются функциями постоянных времени T_j. Исследовав эти функции на экстремум, можно определить, что

при $T_1=T_2=\ldots=T_n$ коэффициенты D_i достигают минимума, при чем все одновременно. При этом оказывается, что и переходный процесс в системе имеет минимальную длительность, а ее передаточная функция определяется выражением

$$\Phi_n^*(s)\Big|_{T_1=T_2=\ldots=T_n} = 1/(s/n+1)^n . \qquad (24)$$

Используя формулы для вычисления биноминальных коэффициентов, можно найти значения коэффициентов демпфирования для системы (24).

$$D_i = \frac{i+1}{i} \times \frac{n-i+1}{n-i} = \frac{i+1}{i}\left(1+\frac{1}{n-i}\right);\ i=1,\ldots n-1. \qquad (25)$$

С увеличением значения «n» передаточная функция системы (24) будет приближаться к передаточной функции звена чистого запаздывания, что следует из известного в математике предела

$$\Phi_n(s) = 1/(s/n+1)^n\Big|_{n\to\infty} \to e^{-s}$$

В таблице 1 для некоторых систем с передаточной функцией (24) приведены полученные с помощью (25) значения коэффициентов демпфирования. Коэффициенты из табл. 1 определяют передаточные функции систем с характеристическими полиномами Ньютона.

Таблица 1. Коэффициенты демпфирования систем с передаточной функцией (24)

.

n	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{18}	D_{19}
2	4																		
3	3	3																	
4	2,67	2,25	2,67																
5	2,5	2	2	2,5															
6	2,4	1,88	1,78	1,88	2,4														
7	2,33	1,80	1,67	1,67	1,80	2,33													
8	2,29	1,75	1,60	1,56	1,60	1,75	2,29												
10	2,22	1,69	1,52	1,46	1,44	1,46	1,52	1,69	2,22										

На рис. 7 приведены графики переходных функций некоторых нормализованных систем с передаточными функциями (24).

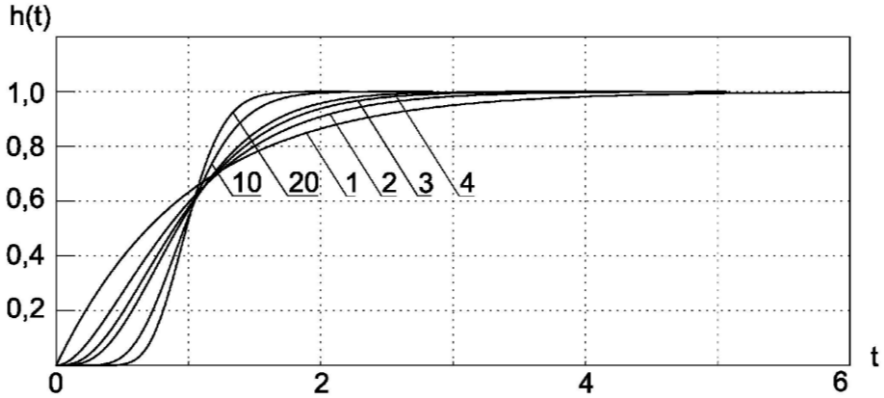


Рисунок 7. Переходные функции систем (24) с характеристическими полиномами Ньютона. Номер графика соответствует порядку системы.

Графики на рис. 7 наглядно показывают правильность выбора коэффициента C_0 в качестве масштабного коэффициента времени. Если же рассматривать системы с передаточной функцией вида

$$\Phi_n(p) = 1/(p+1)^n ,$$

у которых среднегеометрический корень при любых $n \geq 1$ равен минус 1, то окажется, что быстродействие системы уменьшается с увеличением ее порядка. Это связано с тем, что масштабный коэффициент времени такой системы $C_0=1/n$ и он с повышением порядка системы уменьшается. Следовательно, использовать значение среднегеометрического корня характеристического полинома системы в качестве масштабного коэффициента времени, скорее всего, нецелесообразно ввиду его

изменения при изменении порядка системы.

Переходный процесс в системах, передаточные функции которых базируются на характеристических полиномах Ньютона, имеет затянутый характер. В таблице 2 приведены коэффициенты демпфирования систем с характеристическими полиномами Бесселя. При весьма существенном уменьшении длительности переходного процесса по сравнению с системами (24) выброс перерегулирования σ_1 на переходной функции этих систем не превышает 0,85%, а $\sigma_2 < 0{,}2\%$.

Таблица 2. Коэффициенты демпфирования систем с передаточными функциями Бесселя.

n	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	$T_{0,95\,Бесс}$	$T_{0,95\,Ньют}$
2	3,000							2,186	2,372
3	2,500	2,400						1,863	2,099
4	2,333	1,929	2,222					1,694	1,939
5	2,250	1,778	1,750	2,143				1,592	1,831
6	2,200	1,705	1,600	1,667	2,100			1,523	1,754
7	2,167	1,662	1,528	1,515	1,620	2,074		1,473	1,688
8	2,143	1,633	1,486	1,442	1,467	1,591	2,057	1,435	1,647

Перейдем к рассмотрению систем, передаточная функция которых не имеет нулей, а характеристический полином содержит комплексно-сопряженные корни. Рассмотрим систему второго порядка. Передаточная функция этой системы при записи в классическом виде определяется соотношением

$$\Phi_{2K}(p)=1/\left(T^2p^2+2\xi Tp+1\right), \qquad (26)$$

Из (26) определим

$$C_0=1/(2\xi T);\ C_1=2\xi/T;\ C_1^*=C_1/C_0=4\xi^2 .$$

Сделав замену переменной $s = pC_0$, преобразуем (26) к нормализованному виду. При этом будут справедливы следующие соотношения

$$T^*=1/\sqrt{C_1^*},\ \xi=0{,}5\sqrt{C_1^*} \qquad (27)$$

В случае вещественных корней

$$T^*=\sqrt{T_1T_2}/(T_1+T_2),\ \xi=0{,}5(T_1+T_2)/\sqrt{T_1T_2} \qquad (28)$$

Из (27) следует, что коэффициент C_1^* и показатель демпфирования ξ в системе 2-го порядка жестко связаны друг с другом, что и позволяет определить коэффициент $D_1=C_1^*$ как коэффициент демпфирования. Второе выражение в (28) показывает, что при вещественных корнях характеристического полинома значение ξ не может быть меньше 1. Равенство $\xi = 1$ будет справедливо при $T_1 = T_2$. При увеличении значения ξ форма переходной функции нормализованной системы 2-ого порядка будет приближаться к форме переходной функции нормализованной системы 1-ого порядка. Уже при $\xi = 2$ переходные функции этих систем практически совпадают, но при этом T_1 и T_2 должны отличаться друг от друга больше, чем на порядок.

При $\xi <1$ характеристический полином системы (26) имеет комплексно-сопряженные корни. Обычно, значение ξ выбирается из диапазона 0,707…1. Равенство $\xi = 0{,}707$ выполняется при $C_1^*=2$ (настройка контура на модульный оптимум – распределение полюсов по Баттерворту); величина перерегулирования для этого случая $\sigma_1 \approx 4{,}3\%$. При $C_1^*=3$ (распределение по Бесселю) значение $\xi = 0{,}87$; $\sigma_1 \approx 0{,}43\%$. При $C_1^*=4$ (распределение по Ньютону) значение $\xi = 1$, $\sigma_1 = 0$.

На рис. 8 приведены графики переходных функций нормализованных систем 2-го порядка при различных значениях коэффициента D_1. Для сравнения на том же рисунке приведен график переходной функции нормализованной системы первого порядка.

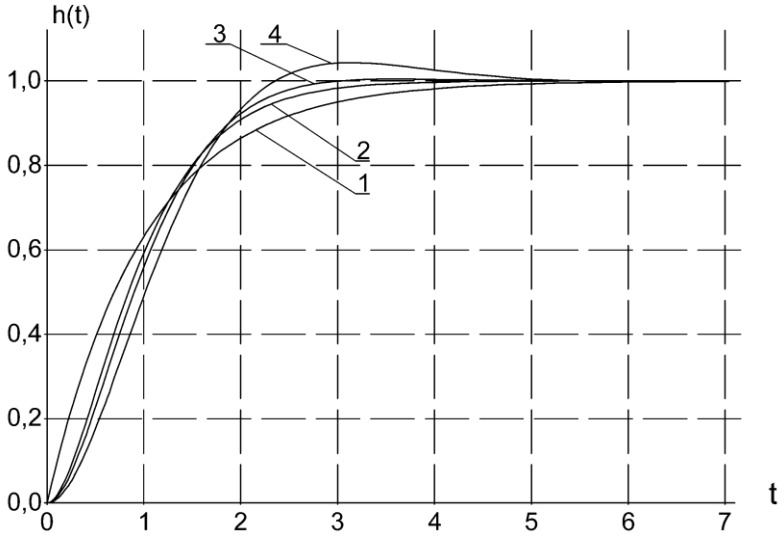


Рисунок 8. Графики переходных функций нормализованной системы 1-ого порядка – график 1 и нормализованных систем 2-ого порядка: график 2 – при D_1=4, график 3 – при D_1=3, график 4 – при D_1= 2.

При 0,1%< σ_1 < 12% с достаточной для практики точностью выполняются соотношения:

$$D_1 \approx 3{,}87-\sqrt[3]{1{,}5\sigma_1(\%)};\ t_{0,95} \approx \left(1{,}035+D_1+8/(0{,}89+D_1)\right)/2{,}8 \qquad (29)$$

Из (29) следует, что при D_1≈1,95 длительность переходного процесса в системе будет минимальна и равна $T_{0,95}$=2,07. При этом перерегулирование σ_1=4,7%. Так же всегда выполняются равенства

$$\sigma_2 = -\sigma_1^2;\ \sigma_3 = \sigma_1^3;\ \sigma_4 = -\sigma_1^4;\ \ldots$$

Для системы третьего порядка найти аналитические выражения, связывающие параметры переходной функции этой системы с коэффициентами демпфирования D_1 и D_2 весьма затруднительно. Разрешить возникшую проблему можно с использованием таблиц, либо с помощью диаграммы. В табл. 3 (левая часть) выборочно приведены параметры переходных функций нормализованной системы 3-его порядка и соответствующие им значения коэффициентов демпфирования D_1 и D_2.

Обычно, из-за наличия инерционных звеньев с малыми постоянными времени и задержек в блоках системы, значение старшего из коэффициентов C_i ограничено (в данном случае это C_2). Поэтому целесообразно определить, при какой форме переходного процесса его длительность будет минимальна. Данные в табл. 3 отсортированы по уменьшению длительности переходного процесса. Интересно отметить, что быстродействие систем с параметрами формы переходной функции σ_1/σ_2=1%/-0,5% и σ_1/σ_2=5%/-0,5% практически одинаково.

На рис. 9 приведена диаграмма изолиний σ_1, σ_2 и $t_{0,95}$, дающая наглядное представление о зависимости параметров переходной функции системы третьего порядка от коэффициентов демпфирования. Приведенная диаграмма является удобной альтернативой диаграмме И.А. Вышнеградского, так как напрямую связывает параметры системы с характеристиками ее переходной функции.

В нормализованной системе 4-го порядка форма переходной функции определяется тремя коэффициентами демпфирования D_1, D_2 и D_3 (напомним, что рассматриваются системы без нулей). Из (10) следует, что при $D_3 > D_1/(D_1D_2 - 1)$ система будет устойчивой. Изменением коэффициентов D_1, D_2 и D_3 можно в определенных пределах управлять величинами выбросов перерегулирования σ_1, σ_2 и σ_3.

Таблица 3. Коэффициенты демпфирования нормализованной системы 3-его порядка и соответствующие им параметры переходных функций.

σ_1(%)	σ_2 (%)	$\lvert\sigma_3/\sigma_1\rvert$ (%)	$T_{0,95}$*	D_2	D_1	C_2	C_1	C_0	$T_{0,95}$
0,5	-0,25	1,2	1,822	2,113	2,539	10	4,733	1,864	0,977
0,5	-0,5	2,9	1,792	1,95	2,555	10	5,128	2,007	0,893
5		0,9	1,789	2,313	2,108	10	4,323	2,051	0,872
1		2,3	1,78	1,95	2,506	10	5,128	2,046	0,870
2		1,8	1,767	1,978	2,41	10	5,056	2,098	0,842
4		1,2	1,773	2,142	2,215	10	4,669	2,108	0,841
3		1,5	1,766	2,04	2,315	10	4,902	2,117	0,834
2	-1	4,1	1,731	1,755	2,476	10	5,698	2,301	0,752
3		3,5	1,728	1,787	2,391	10	5,596	2,340	0,738
5		2,6	1,738	1,907	2,214	10	5,244	2,368	0,734
4		3	1,73	1,836	2,304	10	5,447	2,364	0,732
3	-1,5	5,8	1,701	1,629	2,458	10	6,139	2,497	0,681
4		5,1	1,703	1,663	2,376	10	6,013	2,531	0,673
5		4,5	1,709	1,71	2,292	10	5,848	2,551	0,670
4	-2	7,3	1,681	1,536	2,442	10	6,510	2,666	0,631
5		6,5	1,686	1,572	2,361	10	6,361	2,694	0,626
5	-2,5	8,6	1,667	1,463	2,426	10	6,835	2,818	0,592

В табл. 4 приведены значения коэффициентов демпфирования системы 4-го порядка для случая, когда σ_1=3%, σ_2= –0,5% и различных значениях σ_3 (левая часть). В правой части таблицы приведены расчетные значения коэффициентов C_i (i=0, 1, 2) и времени переходного

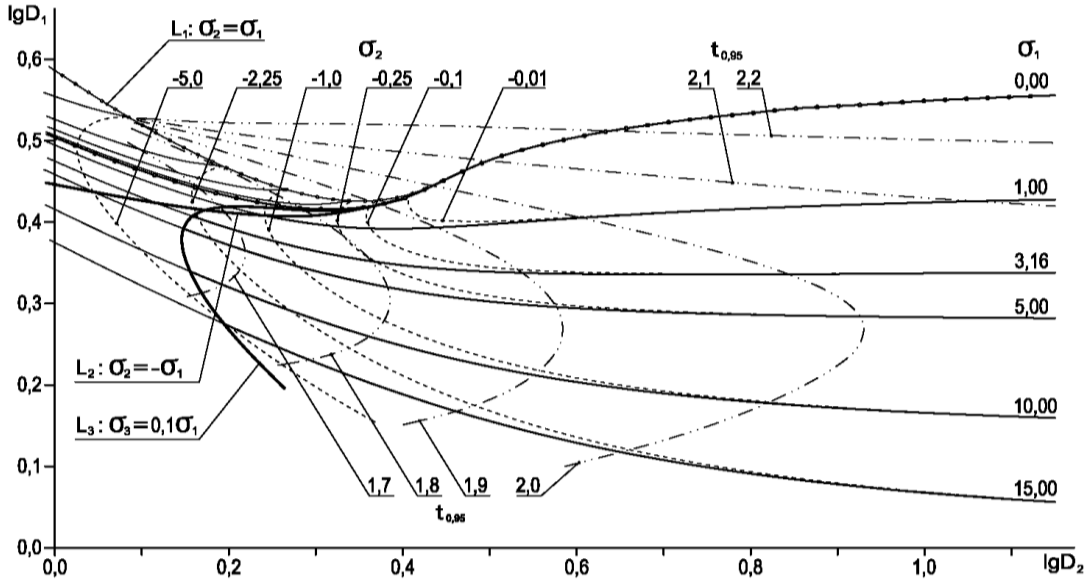


Рисунок 9. Диаграмма изолиний σ_1, σ_2 и $t_{0,95}$ нормализованной системы третьего порядка.

процесса при фиксированном значении коэффициента C_3=10. Из анализа данных в приведенной таблице можно заключить, что выбор σ_3 = 0,2%...0,25% является вполне приемлемым компромиссом между величиной σ_3 и длительностью переходного процесса.

Применение вычислительной техники позволяет существенно упростить определение коэффициентов демпфирования по заданным параметрам переходной функции. На рис. 10 приведена структурная схема модели для среды Simulink Matlab, которая позволяет выполнить необходимые расчеты.

Таблица 4. Коэффициенты демпфирования нормализованной системы 4-ого порядка и соответствующие им параметры переходных функций при σ_1=3%, σ_2= –0,5%.

σ_3(%)	D_1	D_2	D_3	$T_{0,95}^*$		C_3	C_2	C_1	C_0	$T_{0,95}$
0,05	2,244	1,862	2,649	1,668		10	3,775	2,028	0,904	1,846
0,1	2,217	1,845	2,014	1,625		10	4,965	2,691	1,214	1,338
0,15	2,207	1,853	1,887	1,615		10	5,300	2,861	1,296	1,246
0,2	2,200	1,861	1,808	1,608		10	5,530	2,971	1,350	1,1912
0,25	2,193	1,870	1,750	1,604		10	5,715	3,055	1,393	1,152
0,3	2,188	1,879	1,702	1,601		10	5,875	3,126	1,429	1,120

В блоке «Systema» многократно осуществляется вычисление переходной функции анализируемой системы. На рис. 11 в качестве примера приведена структурная схема такой системы 4-го порядка. В блоке «Sinchro» формируются сигналы, синхронизирующие работу модели, а также вычисляются значения выбросов перерегулирования на основании выходных сигналов «Y» и «dY/dt» блока «Systema». В блоке «Control» выполняется сравнение полученных в блоке «Sinchro» значений выбросов перерегулирования с заданными

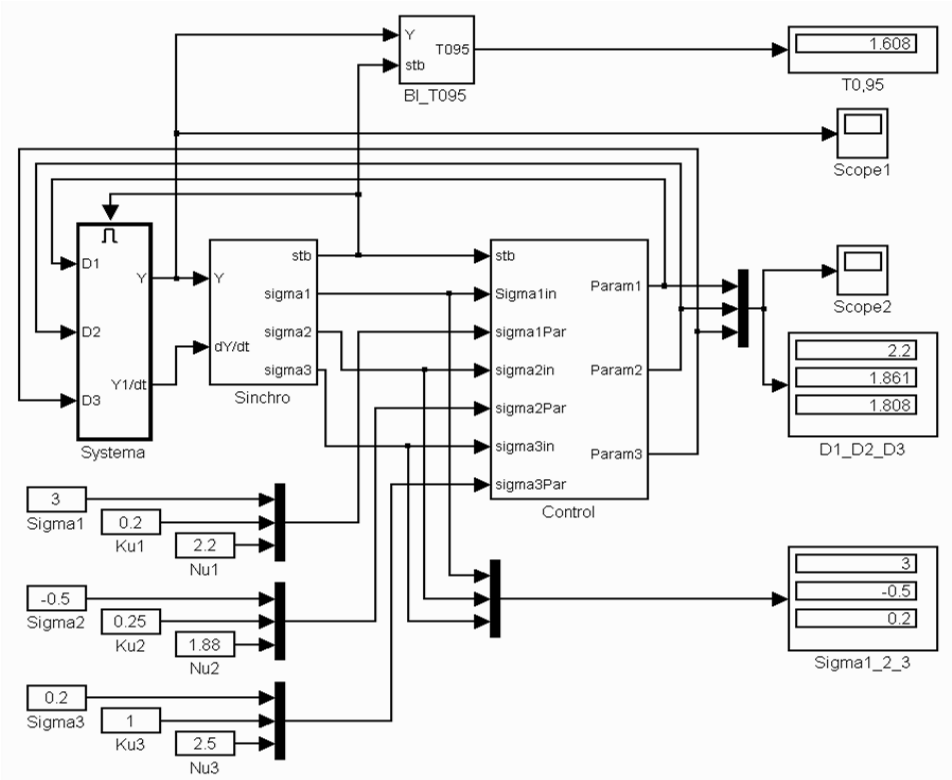


Рисунок 10. Структурная схема модели для расчета коэффициентов демпфирования.

значениями «Sigma1», «Sigma2» и «Sigma3» и на основании результатов сравнения формируются выходные сигналы «Param1», «Param2» и «Param3». Значения этих сигналов являются искомыми значениями коэффициентов демпфирования. Так как расчетная схема представляет собой нелинейную замкнутую систему, то для сходимости результата необходимо выполнить подбор начальных значений «Nu_i» для коэффициентов D_i и масштабных множителей «Ku_i». В большинстве случаев для расчета бывает достаточно 100...300 итераций. Контролировать процесс вычисления можно с помощью осциллоскопов «Scope1» и «Scope2».

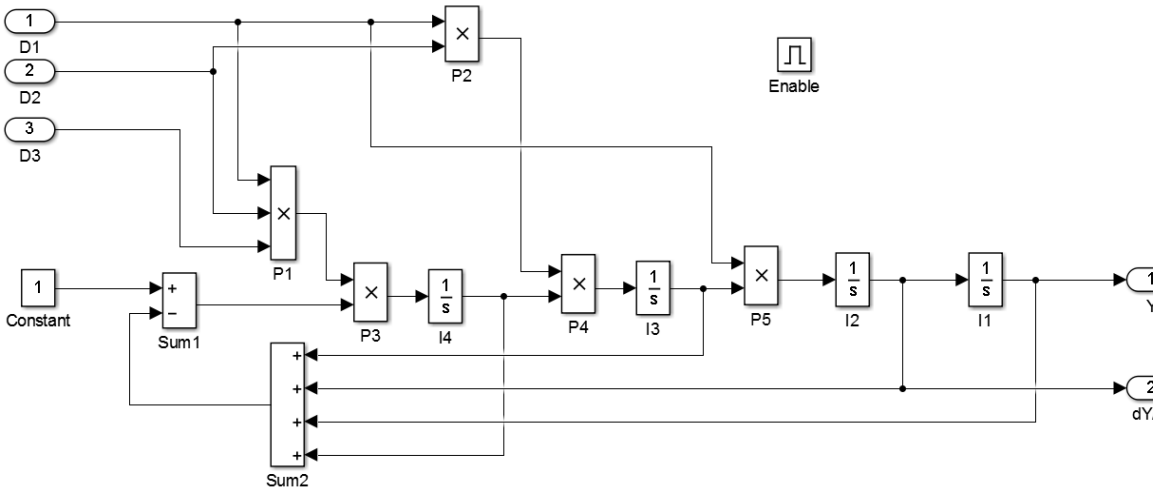


Рисунок 11. Структурная схема моделируемой системы в блоке «Systema».

Подход к анализу автоматических систем на базе коэффициентов, аналогичных коэффициентам демпфирования, был предложен В.С. Вороновым. В своей работе [3] по исследованию устойчивости замкнутых систем с передаточной функцией вида (7) он ввел в рассмотрение приближенные сопрягающие частоты, показатели меры качества, а также показатели меры устойчивости

$\omega_k = a_{k-1}/a_k$, k=1…n, $\Omega_k = \omega_{k+1}/\omega_k$, k=1…n-1; $W_k = \Omega_k \Omega_{k+1}$, k=1…n-2.

Им было предложено достаточное условие устойчивости замкнутой системы с запасом

$$W_k = \Omega_k \Omega_{k+1} > 3, \quad k=1\ldots n-2, \tag{30}$$

и условие устойчивости и качества (качественной устойчивости)

$$\Omega_k > \sqrt{3} = 1{,}732; \quad k=1\ldots n-1. \tag{31}$$

Нетрудно установить, что приближенные сопрягающие частоты не что иное, как коэффициенты преобразованной структурной схемы системы на рис. 3, а показатели меры качества суть коэффициенты демпфирования. Анализируя представленные в таблице 2 данные, можно отметить, что даже для систем с характеристическими полиномами Бесселя, обеспечивающими практически апериодический характер переходного процесса, условия В.С. Воронова выполняются лишь для систем небольшого порядка. Например, требование выполнения условия (31) для всех коэффициентов демпфирования в системах порядка выше 5 оказывается слишком жестким, а условие (30) совсем не обязательно должно соблюдаться для всех W_k.

Библиографический список:

1. Мирославский Д.Е. Коэффициентный метод оценки качественных характеристик автоматических систем и его применение для синтеза робастных регуляторов. Наука и технологии. Материалы XXXV Всероссийской конференции, посвященной 70-летию Победы. Том 4. - М.: РАН, 2015.

2. Мирославский Д.Е. Применение метода коэффициентов для синтеза регуляторов автоматических систем. Итоги науки. Выпуск 18. – Избранные труды Всероссийской конференции по проблемам науки и технологий. - М.: РАН, 2015. – 231 с.

3. Воронов В.С. Показатели устойчивости и качества робастных систем управления. - Теория и системы управления. Известия РАН, 1995, №6.

Давыдов Сергей Андреевич
Davydov Sergej Andreevich
Студент Пензенского государственного университета, факультет приборостроения, информационных технологий и электроники, направление «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Левков Владимир Николаевич
Levkov Vladimir Nikolaevich
Студент Пензенского государственного университета, факультет приборостроения, информационных технологий и электроники, направление «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Рябов Андрей Геннадьевич
Ryabov Andrej Gennadevich
Студент Пензенского государственного университета, факультет приборостроения, информационных технологий и электроники, направление «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Хайров Рамиль Ряшидович
Hajrov Ramil Ryashidovich
Студент Пензенского государственного университета, факультет приборостроения, информационных технологий и электроники, направление «Радиоэлектронные системы и комплексы»

УДК 339.92

КОНДЕНСАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЁМКОСТИ

HIGH-CAPACITY CAPACITORS

Аннотация: конденсаторы высокой ёмкости имеют широкую сферу использования. Благодаря их совершенствованию открываются перспективы в развитии различных отраслей энергетики.

Annotation: high capacity capacitors have a wide range of uses. Thanks to their improvement, prospects are opening up in the development of various energy industries.

Ключевые слова: конденсаторы, ёмкость, заряд.

Keywords: capacitors, capacity, charge.

Конденсаторы высокой ёмкости являются электрохимическими конденсаторами, существенно отличающиеся от простых. Такие конденсаторы имеют следующие преимущества:

- практически неограниченную долговечность;
- надежность в работе;
- более низкие потери по току;
- большие показатели мощности;
- малые размеры.

Конденсаторы высокой ёмкости можно считать батареями современного поколения. Они открывают многие перспективы для отраслей энергетики.

Наибольшую популярность такие конденсаторы получают из-за того, что они заменяют батареи, а также на их основе создаются гибкие источники питания повышенных мощностей.

Историей создания конденсаторов большой ёмкости можно считать стратегическую задачу, которую поставили для себя ученые. Они решили создать батарею повышенной емкости, которую возможно было бы применять в различных сферах, например, для электромобиля. Такой автомобиль может совершать долгие поездки без топлива, на одном лишь заряде батареи. Кроме того, конденсаторы высокой ёмкости дают гарантию наиболее экономичной работы возобновляемого источника энергии посредством аккумулирования излишков энергии. Они оптимальны для ветроэнергетических установок, солнечных батарей и так далее.

По своему устройству конденсаторы большой ёмкости не отличаются от обычных батарей. Там протекают те же физические и химические процессы, но они на порядок лучше, и их свойства имеют преимущества. Самое главное касается заряда и разряда батареи. Такие устройства представляют собой элементы, где есть два электрода, между которыми находится электролит. Каждый электрод выполнен из особого материала в виде пластин. Чтобы повысить емкость конденсатора и его электрические параметры, пластины в дополнение покрывают пористым веществом, например, это может быть активированный уголь. Для электролита возможно использование неорганического или органического вещества.

По большому счету такие конденсаторы являются гибридом химических аккумуляторных батарей и обычных конденсаторов. Повышенная ёмкость достигается тем, что вместо обычного диэлектрика между пластинами такого конденсатора расположен двойной электрический слой. Благодаря этому электроды расположены друг от друга на небольшом расстоянии. Возможность по накоплению электрической энергии (электрической ёмкости) значительно выше. Также наличие двойных электрических слоев повышает площадь электродов при таких же имеющихся габаритах. Таким образом, конденсаторы высокой ёмкости сочетают в себе наилучшие электрические параметры – существенную емкость аккумуляторов и параметры скорости конденсаторов.

В настоящее время все конденсаторы, которые имеют большую ёмкость, можно разделить на 3 типа:

1.Двойнослойный.

2.Псевдоконденсатор.

3.Гибридный.

В первом виде присутствуют пористые электроды, выполненные из электропроводящего материала и разделенные особым типом электролита - сепаратором. В этом случае энергия запасается за счет деления зарядов на электроде. Заряд на таком конденсаторе определяется параметрами емкости двойных электрических слоев.

Псевдоконденсатор схож по своему принципу работы с перезаряжаемыми аккумуляторами. В них присутствуют два особых электрода. По своей работе они сочетают два процесса по сохранению энергии. Название «псевдо» возникло из-за того, что емкости таких конденсаторов зависят не только от электростатического параметра, а и от фарадеевских сил с переносом зарядов.

Гибридный конденсатор является переходным вариантом между конденсаторами и аккумуляторами. Термин «гибридный» обусловлен тем, что электрод в гибридном типе конденсатора производиться из разнообразных веществ и заряд накапливается по различным процессам. Чаще всего в гибридном конденсатора повышенной ёмкости катод является материалом с псевдоемкостью.

Заряд аккумулируется на катоде посредством окислительно-восстановительной реакции, что повышает удельные параметры емкости конденсаторов и расширяет параметры рабочего напряжения.

Благодаря своей большой ёмкости такие конденсаторы имеют широкую сферу использования. Помимо накопительных устройств, для аппаратов возобновляемой энергии, они также применяются для двигателей транспортных средств, для поездов. Активно используются в электронных аппаратах, как источники кратковременного питания. Также такие конденсаторы нашли свое применение в области компьютерных технологий (для улучшения работы материнских плат) и мобильных телефонов. Развитие и усовершенствование конденсаторов высокой ёмкости идет по сей день. Учёные постоянно применяют новые идеи для того, чтобы ёмкость таких конденсаторов стала еще больше.

Библиографический список:

1. Интернет источник. URL: https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/superkondensatory/. Режим доступа 29.04.19

2. Интернет источник. URL: https://fishki.net/2497135-kakie-byvajut-kondensatory-tipy-kondensatorov-ih-harakteristiki.html. Режим доступа 29.04.19

3. Интернет источник. URL: https://habr.com/ru/post/369421/. Режим доступа 29.04.19

Каримов Сади Мирзоевич
Karimov Sadi Mirzoevich
Ассистент кафедры «Информатики и вычислительной техники», Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими

УДК 504.7

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБЩЕСТВА И ПРИРОДЫ

BASIC PRINCIPLES OF SOCIETY AND NATURE INTERACTION

Аннотация: Для поддержания целостности биосферы современное общество должно следовать определенным принципам. Необходимость перехода к разумно управляемому обществу диктуется теперь не только факторами экономического, но и природного порядка. В этом состоит важное социальное значение теории взаимодействия общества и природы.

Annotation: To maintain the integrity of the biosphere, modern society must follow certain principles. The need for a transition to a reasonably managed society is now dictated not only by factors of economic, but also of natural order. This is an important social value of the theory of interaction between society and nature.

Ключевые слова: природа, общества, биосфера, воздействия.

Key words: nature, societies, biosphere, impacts.

В отличие от прошлых времен антропогенный фактор сейчас играет глобальную роль в изменении природной среды - это, с одной стороны. С другой стороны, в современном обществе больше, чем раньше, проявляется его зависимость от состояния природной среды. Поэтому следует познать законы взаимодействия общества и природы. Можно выделить три важнейших закона:

1. закон взаимообусловленности развития отдельных элементов геосферы;
2. закон возрастающего воздействия человека (общества) на природную среду;
3. закон возрастающей зависимости общества от природной среды.

До недавнего времени считалось, что природный фактор изменяется медленно, а социальный - быстро и поэтому по мере развертывания НТР зависимость общества от природной среды уменьшается. В действительности это не так. Общество и природа - эта единая динамическая система, части которой находятся в отношении друг к другу по принципу обратной связи. Это значит, что чем больше претерпевает изменение одна часть, тем больше происходит необходимое для равновесия и целостности системы изменение в другой части.

Уже было сказано, что планета все больше обнаруживает конечные возможности (запасы пресной воды, количество кислорода в атмосфере, температурный режим, режим влажности). Но инерция мышления не позволяет в это поверить. Противоречие между бесконечными возможностями развития общества и ограниченными возможностями биосферы стало основным противоречием системы "общество - природа".

Учеными разработана теория взаимодействия общества и природы, исходя из требований закона оптимального соответствия состояния природной среды темпам и характеру развития общества.

Для поддержания целостности биосферы современное общество должно следовать определенным принципам.

Первым и основным методологическим принципом теории взаимодействия общества и природы должен быть **принцип оптимального соответствия общества и природной среды**. Это значит, что общество должно поддерживать целостность биосферы на основе познания и использования естественных процессов.

Вторым принципом теории взаимодействия общества и природы рассматривается **принцип естественного равновесия биосферы**. Этот принцип означает, что проблему использования ресурсов нельзя рассматривать без учета значений меры природных компонентов для сохранения целостности биосферы.

Третий принцип взаимодействия общества и природы **-принцип компенсации производимых у природы изъятий.**

Он тесным образом связан со вторым принципом, так как базируется на значениях меры.

Четвертый принцип - **принцип экологической чистоты человеческой деятельности**, который подразумевает полную утилизацию побочных продуктов производства и бытового потребления.

Пятый методологический принцип природопользования -**принцип комплексности и экологической обоснованности принимаемых решений**, что означает доминирование долгосрочных решений над краткосрочными.

Шестой методологический принцип - принцип о**беспечения приоритета общественного интереса над частным**. Этот принцип требует иной организации общественной жизни людей (объединение народов мира в ассоциацию трудящихся). В подтверждение можно привести слова Ф. Энгельса: "Только общество, способное установить гармоническое сочетание ...производительных сил по единому общему плану..." может "устранить нынешнее отравление воздуха, воды и почвы...".

Необходимость перехода к разумно управляемому обществу диктуется теперь не только факторами экономического, но и природного порядка. В этом состоит важное социальное значение теории взаимодействия общества и природы.

Теория взаимодействия общества и природы требует уточнения и понятийного аппарата, таких в том числе понятий, как "производительные силы", "национальное богатство".

Производительные силы - это не просто средства производства и труд, но и состояние природных ресурсов общества.

Национальное богатство - это не только все, что создано в обществе в виде материальных благ, но и биологические ресурсы.

Теория взаимодействия общества и природы выявляет необходимость формирования у человека экологической культуры поведения, так как без этого ни один из методологических принципов природопользования не может быть реализован.

К сожалению, на указанном пути стоит культура потребителя. Резко, но справедливо об этой личности сказала экономист С. Любимцева: "В массе своей это - личность деградирующего типа, расслабленного ума (речь идет о волевой и нравственно-волевой расслабленности). Это личность, не умеющая работать целенаправленно и продуктивно. Ее "творческий" потенциал вписывается в "информационное потребительство", мир мнимых переживаний и собственных пристрастий".

То, что современное общество - это общество потребительской культуры поведения, видно из следующей таблицы.

Таблица 1

В мире тратится на:	**Млрд. долл. в год**	**Миру нужно на:**	**Млрд. долл. в год**
Гольф	40	Основы детского	13
Вино	85	Начальное образование	6
Пиво	160	Чистую воду и санитарию	9
Сигареты	400	Планирование семьи	6
Рекламу	250		
Военные нужды	800		
Всего	**1735**	**Всего**	**34**

Именно потребительское общество заводит человечество в тупик. Жажда неуемного потребительства вредно сказывается на самой личности и ее отношении к окружающему. Но инстинкт самосохранения, да и осознания, что в современных условиях действия любого народа по изменению окружающей среды должны быть согласованы с другими народами и регулироваться международными нормами, надо полагать, не поставят человечество на грань гибели.

Учеными сейчас разрабатывается **концепция устойчивого развития**, которая означает гармоничное соразвитие общества с его природной средой, биосферой.

В этом плане принципиальное значение имеют документы конференции ООН по окружающей среде и развитию (июнь 1992 г.), состоявшейся в Рио-де-Жанейро (Бразилия). Центральными документами этой встречи явились:

Повестка дня на XXI век;

Программа действий ООН;

Декларация по окружающей среде и развитию;

Заявление о принципах в отношении лесов;

Рамочная конвенция об изменении климата под влиянием газов, вызвавших парниковый эффект;

Конвенция о сохранении биологического разнообразия.

Эти исторические документы охватывают все аспекты устойчивого развития.

В 1997 году состоялась специальная сессия ООН для подведения итогов сделанного в мире за пять лет по реализации целей встречи на высшем уровне в г. Рио-де-Жанейро. Кроме подобных глобальных встреч, проводятся сотни региональных конференций, семинаров, симпозиумов и других мероприятий по охране природы и экологическому воспитанию людей.

Координатором этих действий и многообразных международных правительственных и неправительственных организаций выступает Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР), созданная по решению Генеральной ассамблеи ООН в 1983 году.

К настоящему времени в документах МКОСР названы ряд аспектов и составляющих их элементов устойчивого развития. Это, во-первых, **политико-правовой аспект**, который включает множество элементов современного правового государства, подлинно гражданского общества. Во-вторых, **экономический аспект**, включающий разумное сочетание разных форм собственности, развитых товарно-денежных отношений, государственного регулирования экономики. В-третьих, **экологический аспект**, в обобщенном виде представленный элементами, нацеленными на формирование ноосферы. В-четвертых, **социальный аспект**, заключающий в себе борьбу с голодом, нищетой, безработицей, получение достойного воспитания, образования и другого. В-пятых, **международный аспект**, включающий борьбу за мирное сосуществование всех стран и народов, экономическое сотрудничество, оказание помощи слаборазвитым странам, активное содействие ООН в природоохранной деятельности. В-шестых, **информативный аспект**, в состав которого входят кибернетизация и информатизация всего народного хозяйства и культуры, пропаганда успехов стратегии устойчивого развития, выдвижение на приоритетное место информационных ресурсов перед вещественно-энергетическими и другие составляющие.

Благодаря активной деятельности МКОСР во многих государствах созданы комиссии, комитеты и институты по устойчивому развитию.

В России в марте 1995 года принята правительственная "Концепция перехода Российской Федерации на модель устойчивого развития". В этом документе дана картина тяжелого эколого-экономического положения страны, изложены некоторые общие принципы и направления перехода России к модели устойчивого развития.

Итак, на рубеже второго и третьего тысячелетий начался поиск единой для всего мирового сообщества концепции развития.

Библиографический список:

1. Демина Т.А. Экология, природопользование, охрана окружающей среды М.: Аспект-пресс
2. Охрана окружающей среды: учебник для вузов/ автор – составитель А.С. Степановских – М: ЮНИТИ - ДАНА
3. В.Н. Константинов, Ю.Б. Чепидзе Экологические основы природопользования

Каримов Сади Мирзоевич
Karimov Sadi Mirzoevich
Ассистент кафедры «Информатики и вычислительной техники», Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими

УДК 504.7

КОНЦЕПЦИЯ И ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОРОШАЕМОЙ ЗОНЫ ТАДЖИКИСТАНА

CONCEPT AND PRINCIPLES OF RATIONAL USE OF WATER RESOURCES OF THE IRRIGATED ZONE OF TAJIKISTAN

Аннотация: За неравномерное распределение водных ресурсов, в условиях единой государственности, Таджикистан получал топливно-энергетические, материально- технические ресурсы, обеспечивалась равная социальная защищённость населения. В новых политических и экономических условиях, из-за отсутствия экономического механизма, прежнее вододеление стало неприемлемым.

Annotation: For the uneven distribution of water resources, under the conditions of a single statehood, Tajikistan received fuel and energy, material and technical resources, and provided equal social protection of the population. In the new political and economic conditions, due to the lack of an economic mechanism, the former division of water has become unacceptable.

Ключевые слова: природа, вода, земля, ресурс.

Key words: nature, water, land, resource.

Пресная вода является главным условием жизни и составной частью всех элементов биосферы суши. По различным данным количество ее колеблется в пределах 0,25-0,5% от всей гидросферы планеты Земля. Размещение ее в пространстве и во времени исключительно неравномерно. Более 2,5 млрд. человек на Земле уже сейчас испытывают острый недостаток пресной воды. По мере демографического роста эта проблема будет усугубляться. В этом отношении регион Центральной Азии не является исключением.

Обращая внимание мировой общественности на остроту проблемы, Президент Республики Таджикистан, уважаемый Э.Ш. Рахмонов отметил: «Всем следует понять, что ценность воды не меньше нефти, газа угля и других видов топлива и энергоисточников для устойчивого будущего страны и региона». Поэтому на фоне глобальных водных проблем инициатива Главы нашего государства об объявлении 2003 года Годом пресной воды была одобрена 55-ой Генеральной Ассамблеей ООН и нашла широкий отклик в мире.

Учитывая всевозрастающую ценность пресной воды, Республика Таджикистан, где формируется 55,4 % среднемноголетнего стока рек бассейна Аральского моря, должна четко определить основные приоритеты в использовании и охране своих водных ресурсов.

В прошлом приоритет в освоении новых орошаемых земель имели республики, где производились наибольшие объёмы хлопка и риса. В результате такой политики в Таджикистане сложилась самая минимальная в регионе обеспеченность орошаемыми землями и водными ресурсами на душу населения.

За неравномерное распределение водных ресурсов, в условиях единой государственности, Таджикистан получал топливно-энергетические, материально- технические ресурсы, обеспечивалась равная социальная защищённость населения. В новых политических и экономических условиях, из-за отсутствия экономического механизма, прежнее вододеление стало неприемлемым. Для государств зоны формирования стока стало невозможным управлять водными ресурсами по-старому при инерции государств нижнего течения принять новые условия межгосударственного водопользования в соответствии с суверенными правами государств на собственные природные ресурсы и законами рыночной экономики.

В резолюции 1803 (XVII) Генеральной Ассамблеи ООН «Неотъемлемый суверенитет над естественными ресурсами» заявляется: «Право народов и наций на неотъемлемый суверенитет над их естественными богатствами и ресурсами должно осуществляться в интересах их национального развития и благосостояния населения соответствующих государств». В связи с этим, Республика

Таджикистан имеет право заявить о необходимости пересмотра раннее существовавших критериев и принципов межгосударственного (межреспубликанского) управления, распределения, использования и охраны водных ресурсов.

Республика Таджикистан в своей политике в области водных отношений исходит из необходимости обеспечения устойчивого развития своей экономики, рационального использования и охраны водных ресурсов на основе соблюдения принципов международного водного права, взаимовыгодного и дружественного сотрудничества с иностранными государствами, всеобщей экологической безопасности, развития международного сотрудничества. Разработка современной стратегии межгосударственного вододеления и экономического механизма водопользования является первоочередной и актуальной задачей для всего региона, от которых зависит весь комплекс вопросов рационального использования и охраны водных ресурсов.

Площадь оледенения гор Центрально-Азиатских республик составляет около 17 тыс. км^2, из них более 60% находится в Таджикистане. Количество ледников в республике –14509 с общей площадью оледенения 11146 км^2, что составляет около 8% всей территории страны. Самой крупной ледниковой зоной Таджикистана (60%) являются территории, примыкающие к высочайшим пикам – Исмоили Сомони (7495 м) и Ленина (7134 м), где находятся крупнейшие по площади дендритовые ледники – Федченко (651,7 км^2, Грум-Гржимайло (143 км^2), Гармо (114,6 км^2 и десятки других ледников, имеющих площадь более 30 км^2. Ледники, имеющие площадь более 1 км^2, составляют лишь 20% от общего количества ледников. Однако, в них сосредоточено около 85% всего объема льда. Суммарный запас льда в ледниках составляет около 845 км3 и в 13 раз превышает годовой сток всех рек республики.

Зона формирования стока в Таджикистане составляет 90% его территории. Таяние ледников формирует до 25% всех водных ресурсов, и они составляют значительную часть летнего базисного стока, а в маловодные годы до 50 %. За время прохождения половодья по всем рекам проходит от 70 до 90% годового стока.

В целом, среднемноголетний сток рек, формирующийся в Таджикистане составляет 64 км^3/год, в том числе по бассейну Амударьи 62,9 км3 и Сырдарьи 1,1 км^3. Реки Таджикистана дают 55,4% среднемноголетнего поверхностного стока бассейна Аральского моря.

В Таджикистане насчитывается около 1300 озер общей площадью 705 км^2. Большинство озер представлено водоемами с площадью зеркала менее 1 км^2 и на их долю приходится 97,5% общего числа озер и лишь 9% суммарной площади, что делает их весьма уязвимыми к будущим антропогенным и техногенным воздействиям.

Основное количество озер (73%) сосредоточено в горах Памиро-Алая в интервале высот 3500-5000 м. над уровнем моря. Их площадь составляет 80% общего водного пространства озер республики. Низка степень насыщенности озерами низкогорной и предгорной зоны, где расположено около 30 озер общей площадью 2,4 км^2. В озерах Таджикистана содержится более 46,3 км^3 воды, из которых 20 км^3 являются пресными. Из-за труднодоступности горные озера изучены недостаточно, в связи с чем необходима организация их исследования.

В Таджикистане имеется 9 эксплуатируемых водохранилищ с объемом от 20 млн. м^3 до 10,5 км^3 общей площадью водного зеркала 664 км^2, полным объемом 15,344 км3, в том числе полезным 7,63 км^3, что составляет 13 % среднемноголетнего стока рек бассейна Аральского моря.

На незарегулированой реке Пяндж просматривается более 10 створов для создания водохранилищ с ГЭС, полным объемом 36,1 км^3, в том числе полезным объемом 17,4 км^3. С учетом этого и строительства других водохранилищ, общий объем их можно довести до 66,8 км^3 с полезным объемом 35,6 км^3, что составит соответственно 56,6 и 30,2% от ежегодного среднемноголетнего стока рек бассейна Аральского моря. Поэтому представляется целесообразным сотрудничество государств Центральной Азии в освоении этих ресурсов.

Ресурсы подземных вод Таджикистана оцениваются в 18,7 км3/год. Эксплуатационные ресурсы составляют 2,8 км^3/год. Водоотбор по республике составляет в среднем 2,3 км3/год. Подземные воды используются:

39,3% - для хозяйственно-питьевых нужд;

7,7% - для производственно-технических нужд;

38,1%- на орошение.

В республике пробурено более 9000 скважин, из которых действует 4614. Необходимо восстановить имеющиеся скважины, чтобы не допустить дефицит водопотребления.

Ресурсы подземных вод по Согдийской области оцениваются в размере 25,6% от общереспубликанского значения, а эксплуатационные запасы - 45,8%, соответственно по Хатлонской области - 21,8% и 25,9%, Горно-Бадахшанской автономной области - 21,4% и 1,28%, по районам республиканского подчинения - 31,2% и 27,0%.

Корнеобитаемый слой является специфическим водоемом с содержащимся в нем почвенными водами. Эти воды обладают специфическими особенностями, заключающимися в том, что они, с одной стороны, являются звеном взаимообмена вод и, с другой стороны они необходимы для существования и развития растительного покрова, являющегося первичным звеном живых организмов.

Значительные ресурсы богарных земель, расположенных в Центральном и Юго-Западном Таджикистане (до 500 тыс. га), которые невозможно оросить, требуют разработки наиболее экономически целесообразных путей их использования. Исследования, направленные на определение ресурсов почвенных вод и их рациональное использование, особенно их продуктивной части, используемой для формирования урожая, позволяют вскрыть резервы развития богарного земледелия.

Разработанные на Файзабадском опытном участке НИИ почвоведения комплексные технологии освоения и восстановления почвенного плодородия засушливых территорий доказывают, что можно увеличить урожаи зерновых, плодово-виноградных культур и биомассы трав (в 3-4 раза), улучшать в целом водный режим богарных почв и бассейнов горных рек.

В вертикальном геологическом разрезе подземные воды Таджикистана разделяются на две гидродинамические зоны. Верхняя – мощностью до 200-300 м с пресными гидрокарбонатными водами хорошего качества. Нижняя – это глубокие горизонты артезианских бассейнов с солеными и рассольными подземными водами с минерализацией до 400 г/л. По химическому составу воды этой зоны являются сульфатными и хлоридными, магниевыми и натриевыми. Мощность этой зоны несколько километров.

В Таджикистане разведаны также и подземные минеральные промышленные воды на 35 площадях с большими прогнозными ресурсами и аномальным содержанием целого ряда химических элементов. Выявлено также около 100 источников и месторождений геотермальных вод, которыми можно частично компенсировать дефицит в топливно-энергетическом балансе Таджикистана.

Необходимо разработать программу, создать правовую базу и единый порядок использования и охраны подземных вод. Наименьшей минерализацией воды (до 300 мг/л) отличаются реки высокогорного пояса, питающиеся в основном талыми снеговыми и ледниковыми водами.

Наиболее высокая минерализация (свыше 1000 мг/л) наблюдается в реках низкогорного пояса и предгорий на юго-западе республики. С уменьшением высоты водосборов, помимо увеличения минерализации изменяется и ионный состав речных вод. Воды большей части территории республики обладают хорошим питьевым качеством и благоприятным гидрохимическим составом для использования их на орошение.

Природная среда и антропогенные ландшафты зоны формирования и транзита стока в Таджикистане подвержены вредному воздействию вод. Это снежные лавины, катастрофические подвижки пульсирующих ледников, образующие ледниково- подпрудные озера, прорывоопасные высокогорные озера, ливневые дожди, селевые и паводковые явления, водная эрозия.

Наметившаяся в стране тенденция уменьшения ледников, а также наличие пульсирующих ледников, способных перекрывать реки, позволяет предположить вероятность больших наводнений в подкомандных им долинах. Необходима организация постоянных наблюдений за ледниками, разработка и выполнение упреждающих мер по исключению, либо снижению отрицательного их воздействия.

Библиографический список:

1. Экология и экономика природопользования: Учеб. для вузов / Под ред. проф. Э.В. Гирусова, проф. В.Н. Лопатина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ - ДАНА, Единство, 2002. - С. 95.
2. Э.В. Гирусов, С.Н. Бобылев, А.Л. Новоселов, Н.В. Чепурных Экология и экономика природопользования
3. В.Н. Константинов, Ю.Б. Чепидзе Экологические основы природопользования

Рахимов Ганишер Бахтиёрович
Rakhimov Ganisher Bakhtiyorovich
Каршинский инженерно-экономический институт, АО «Бекабадцемент»

Муртазаев Ферузбек Исматович
Murtazayev Feruzbek Ismatovich
Каршинский инженерно-экономический институт, АО «Бекабадцемент»

УДК 621.649:631.145

РАСЧЕТ ПОТЕРИ ОТ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА

CALCULATION OF LOSS FROM DUSTING IN THE PORTLAND CEMENT PRODUCTION

Аннотация: На всех предприятиях производства цемента в атмосферу выносится большое количество пылегазовых смесей. Источниками пылевыделений на цементных заводах являются печи, мельницы, сушильные, а также дробильные агрегаты, склады сырья, топлива, добавок, клинкера, цемента и транспортирующие устройства.Необходимо создать эффективное пылеулавливающее устройство для удаления пыли.

Abstract: At all enterprises producing cement, a large amount of dust-gas mixtures is carried into the atmosphere. Sources of dust emissions at cement plants are furnaces, mills, drying, as well as crushing units, raw materials, fuel, additives, clinker, cement warehouses and transporting devices. You need to create an effective dust removal device to remove dust.

Ключевые слова: Пыль, электрофильтр, сушильные барабан, клинкерные склад, клинкер

Keywords: Dust, electrostatic precipitator, tumble dryer, clinker warehouse, clinker

Наиболее мощным источником пылевыделения являются вращающиеся печи цементных заводов. Унос материала с газами из вращающихся печей при мокром способе производства составляет 4 – 17% от выработки клинкера и зависит от свойств сырьевых материалов, конструкции и размеров печи, а также режима обжига. Мельницы, сушильные барабаны, клинкерные склады и цементные силоса могут также выбрасывать в атмосферу значительные количества пыли.

Расчет выбросов загрязняющих веществ при производстве строительных материалов, в частности цемента, производится по методикам, где допускается применение усредненные показатели выбросов / 1, 2 /.

Объем загрязненного воздуха определяется по формуле:

$$V=G\cdot v,\ м^3$$

где: G – количество производимой продукции, кг;

v – объем загрязненного воздуха на 1 кг продукта, $м^3$/кг.

Годовой выброс загрязняющего вещества из стационарного технологического оборудования рассчитывается по формуле:

$$q=V\cdot c\cdot 10^{-6},\ т/год$$

где: c – общая концентрация пыли, г/$м^3$.

При розжиге печей допускаются сравнительно непродолжительные по времени выбросы, превышающие средние в нормальных эксплуатационных режимах. Эти вредные выбросы предусмотрены регламентом розжига и не относятся к аварийным.

На действующих заводах подачу высокого напряжения на электрофильтры допускается осуществлять после стабилизации режимов работы печного агрегата. При этом за время от момента подачи сырья до включения электрофильтров могут происходить повышенные выбросы пыли во много раз превышающей эксплуатационные значения.

Максимальная мощность залпового выброса рассчитывается по формуле

$$M_{зв}= V_{вх}\cdot \mu_э\cdot \eta_р/3600,\ г/с$$

где: $\eta_р$ – степень очистки газов в электрофильтрах со снятым напряжением, определяется как (1- $\eta_{откл}$).

Годовой залповый выброс пыли составит:

$$G_{зв} = 0,9 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot M_{зв} \cdot \tau_{зв}, \text{ т/год}$$

где: $\tau_{зв}$ – суммарная продолжительность максимальных выбросов пыли, ч/год.

Неорганизованными выбросами на предприятиях строительных материалов являются выбросы, в виде направленных потоков возникающие за счет отсутствия или неудовлетворительной работы средств пылеулавливания в местах загрузки, выгрузки или хранения пылящих продуктов, а также пылевыбросы при работе автотранспорта.

Интенсивными неорганизованными источниками пылеобразования являются пересыпка материала, погрузка материала в открытые вагоны, полувагоны, загрузка материала грейферным краном в бункера, разгрузка самосвалов, ссыпка материала струей на склад и др.

При постоянной интенсивности источника пылевыделения уровень местного загрязнения атмосферы является функцией скорости воздуха на местах расположения источника, направления воздушного потока, степени его турбулентности и др. При работе погрузочной техники пыль выделяется, главным образом, при погрузке материала в автосамосвалы. Движение автотранспорта по территории предприятия обуславливает выделение пыли. Пыль выделяется в результате взаимодействия колес с полотном дороги и сдува её с поверхности материала, загруженного в кузов автомашины.

Произведенные расчеты производственных потерь показали, основными потерями являются выбросы пыли от неорганизованных источников, т.е. склады, погрузочные работы и выбросы при автотранспортных работах. Общая доля неорганизованных выбросов составляет 1,771% и 1,317% соответственно для проектного и планового показателя производимой продукции на АО «Бекабадцемент».

Существенный вклад вносят и потери залповых выбросов при розжиге вращающихся печей – 0,420% и 0,312% соответственно для проектного и планового показателя производимой продукции.

Потери технологического оборудования составляют 0,621% для проектного и планового показателя производимой продукции при допустимых усредненных показателях выбросов пыли из установленного оборудования 2%, что показывает хорошую организацию на предприятии службы пылеулавливания.

Библиографический список:

1. Гаврилова А.С., Чебуркова В.Д., Перестюк Л.Н. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. Новороссийск, 1989.

2. Отраслевая методика учета выбросов в атмосферу при розжиге вращающихся печей. Санкт-Петербург, 2003.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2019