- сброс в канализацию неутилизированных отходов;
- отсутствие локальных очистных сооружений, ведущее к перегрузке основных очистных сооружений по концентрации поступающих загрязнителей;
- перегрузка очистных сооружений по гидравлике;
- неудовлетворительная эксплуатация очистных сооружений;
- эксплуатация очистных сооружений с отступлением от проектных схем (ОАО«Салаватнефтеоргсинтез», ЗАО «Каустик» и т.д.). [2].

Таким образом, в связи с напряженной ситуацией с водными ресурсами республики намечено снижение водопотребления на промышленные нужды. Экономию водных ресурсов намечается осуществить за счет перевода ряда предприятий на максимальное использование оборотного и последовательного водоснабжения. Ввиду крайне низкой обеспеченности водными ресурсами бассейна реки Урал предусматривается перевести ряд предприятий на замкнутый цикл водопользования (Учалинский горно-обогатительный комбинат, Башкирский медно-серный комбинат) [4].

Литература.

1. Все реки России [Электронный ресурс]. URL: http://vsereki.ru (дата обращения: 12.10.17.).
2. Мониторинг и анализ причин загрязнения поверхностных водных объектов Республики Башкортостан / Т.Д. Хлебникова, М.А. Хусаинов, Е.Е. Ерохина, И.В. Хлебникова // Современные наукоемкие технологии. – 2007. -№10. – С.104-106.
3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2013 год / Г.М. Черногаева, Ю.В. Пешков, М.Г. Котлякова, В.Д. Смирнов. – Москва: Росгидромет, 2014. – 228 с.
4. Природа РБ [Электронный ресурс]. URL: http://www.priroda-rb.info/agidel.html (дата обращения: 14.10.17).

МОНИТОРИНГ РЕГИОНАЛЬНЫХ КЛМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРРИТОРИИ

В.В. Плотникова, магистрант программы «Техносферная безопасность», Ю.В. Волков, доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, г. Томск пр. Ленина, тел. (3822)12-34-56
Email: vvplotnikova94@mail.ru

Аннотация: В работе предложена классификация, в основе которой лежит гипотеза географической обусловленности особенностей фазовой модуляции температурного сигнала.

Предлагается модель, на основании которой будет возможность структурирования 818 рядов температур в определенное количество региональных кластеров.

Предполагается, что предложенный подход может быть использован как аналитическая основа для изучения изменений климата в любом пространственном масштабе только по данным о приземной температуре до заданного исследователем качественного уровня.

Abstract: A classification based on the hypothesis of the geographic conditionality of the phase modulation of the temperature signal is proposed.

A model is proposed, on the basis of which it will be possible to structure 818 series of temperatures into a certain number of regional clusters. In this case, the temperature changes in the clusters will occur synchronously.

That the proposed approach can be used as an analytical basis for studying climate changes at any spatial scale up to a qualitative level specified by the researcher.

В каждом участке Земли погода в различные года изменяется по-разному. Однако любую территорию возможно охарактеризовать абсолютно конкретным климатом. Климат – это такая многопараметрическая система, характеризующаяся средним состоянием температуры воздуха, осадков, ветров, барического давления. Климат, как одна из физико-географических характеристик окружающей среды оказывает значительное влияние на хозяйственную деятельность человека, например, на специализацию сельского хозяйства, размещение промышленных предприятий и т.п. В последние десятилетия особенный интерес уделяется исследованию глобальных климатических перемен, определяющих климат Земли [2]. Не менее значим для изучения и исследования локальный климат, который определяется совокупностью атмосферных критериев за долголетний период, свойственный

конкретной территории в зависимости от ее географической обстановки [1]. Атмосферные условия, характеризующие климат любой зоны, ощущают периодические перемены в годовом процессе - с зимы к лету и с года к зиме. Изменения глобальных природно-климатических процессов, нередко, имеют цикличный вид, то что отображается в виде колебаний во времени значений величин их характеризующих.

Приземная температура является интегральным индикатором климатических изменений. В силу цикличности вращения Земли вокруг Солнца значения температуры, усредненные за короткие промежутки времени, колеблются с периодом, равным одному календарному году. На рисунке 1, а, представлен сигнал, состоящий из среднемесячных значений температуры за 56 лет, полученный на одной из 818 метеостанций (название, координаты). В спектре колебания этого сигнала (рис. 1, б.), выделяется первая составляющая, характеризующая среднюю оценку температуры за весь период времени, и наиболее значимая спектральная составляющая, соответствующая одному полному колебанию, происходящему за каждый год, повторяющемуся в течении 56 лет. Данную спектральную составляющую обозначим как несущую частоту. Спектр сигнала сосредоточен в относительно узком интервале вблизи несущей частоты. Энергия сигнала, рассчитанная в спектральном интервале равном восьмидесяти спектральным составляющим, расположенным симметрично относительно несущей частоты составляет 98,6 % от общей энергии сигнала.

Кроме ежегодных периодических изменений совокупность атмосферных условий изменяется в некоторых пределах от года к году. Такая изменчивость названа межгодовой изменчивостью атмосферных условий [1]. В спектре сигнала она отражается в виде множества спектральных значений на всем интервале частот.

Целью работы являлось изучение математической модели температурных колебаний и применения алгоритма для классификации климатических зон на основании данных о приземной температуре.

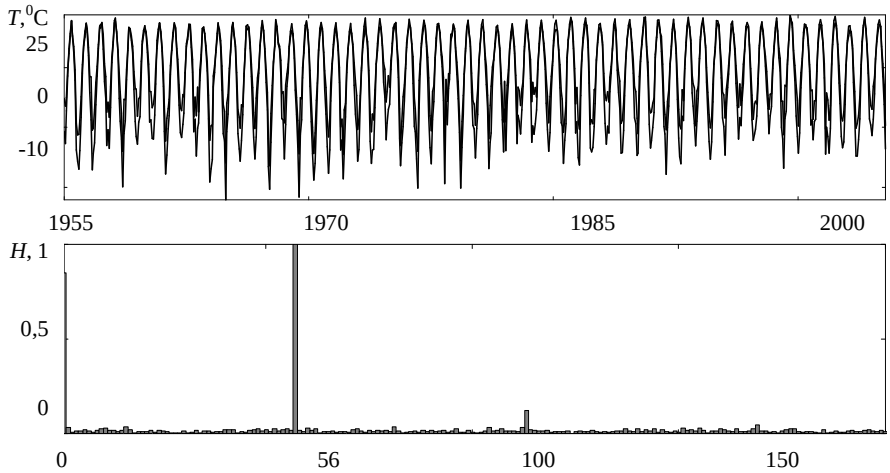

Рис. 1. *а - среднемесячные значения температуры за временной интервал с 1955 по 2010 гг., б – нормированный спектр температурного сигнала*

Построение климатических групп по температурным данным

В работе применяются температурные сигналы, продемонстрированные в виде среднемесячных значений температуры, полученных на метеостанциях Северного полушария Земли.

Исследуемые сигналы рассматриваются в виде колебательного процесса, которые могут быть описаны амплитудой и фазой [3, 4].

Амплитуда температурного сигнала использована в огромном числе работ для анализа климата по абсолютным, относительным ее значениям и другим статистическим оценкам. Использование фаз температурных сигналов с целью восстановления климатических групп рассматривается впервые. Преимущество применения фазы обусловливается тем, что изменения температуры, определяющие локальные климатические особенности, не слишком велики в сопоставлении с годовым ходом температуры, значение основной частоты колебания намного больше значений отдельных частот (рис. 1, б). Но непосредственно эти изменения следует выделить для построения классификации

климатических зон. Для решения этой задачи необходимо из температурного сигнала исключить изменения, соответствующие ежегодному колебанию температуры – «годовой ход», и перейти к исследованию внутригодовых изменений.

Точное выделение «годового хода» температуры из исходного климатического сигнала является сложно реализуемой задачей. В случае рассмотрения фазы колебания эта процедура проста и сводится к удалению одной линейной функции для всего анализируемого интервала. Фазовая характеристика температурного сигнала представляет возможность простого и точного решения задачи выделения внутригодовых изменений температурного сигнала, которые являются новой информацией, впервые используемой для формирования климатических групп.

Аналитический сигнал $W(\tau)$ является комплексной функцией, которая представляет колебание температуры $T(\tau)$ во времени как естественное обобщение гармонических колебаний:

$$W(\tau) = T(\tau) + iV(\tau) \ , \ V(\tau) = \frac{1}{\pi}\text{v.p.}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{T(s)}{\tau - s}ds \ , \qquad (1)$$

где несобственный интеграл определен в смысле главного значения по Коши (v.p.) в тех случаях, когда $s \to \pm\infty$ и при $\tau = s$. Мнимая составляющая аналитического сигнала – $V(\tau)$ является Гильберт-трансформантой [3, 5] его действительной части $T(\tau)$. Введение эквивалентного комплексного представления сигналов $W(\tau)$ позволяет определять амплитуду и фазу известным способом:

$$a(\tau) = \sqrt{T^2(\tau) + V^2(\tau)} \ , \ \varphi(\tau) = \text{arctg}\frac{V(\tau)}{T(\tau)} \ , \qquad (2)$$

Если спектр сигнала сосредоточен в относительно узком интервале частот $2\Delta\nu$ (узкополосный или квазимонохроматический сигнал), то амплитуда и фаза мало меняются за время, соответствующее периоду несущей частоты ν_c. Для комплексного представления на основе АС величина такого изменения амплитуды и фазы при определенных условиях оказывается минимальной.

С вычислительной точки зрения преобразование Гильберта эквивалентно умножению в частотной области (ν) на функцию $i\,\text{sgn}\,\nu$, поэтому АС, соответствующий данной действительной функции $T(\tau)$, получается путем обнуления одной половины частотного спектра этой функции. Такой односторонний спектр называют причинным или каузальным.

Математическое описание и построение модели температурных колебаний

Предложенная математическая модель колебания приземной температуры, которая включает в себя четыре составляющих: глобальную, годовую, сезонную и некоторую постоянную. Глобальное составляющая колебания $G(\tau)$ характеризуется глобальными процессами, происходящими на Земле за длительные промежутки времени. Проводя исследования изменений температуры за короткие промежутки времени глобальной составляющей можно пренебречь. Годовая составляющая $Y(\tau)$ характеризует изменения температуры за период равный одному году. Изменения температуры период которых, меньше одного года характеризуются сезонной составляющей $S(\tau)$. Сезонная составляющая дает информацию о локальном климате. Средняя температура остается неизменной на выбранном временном интервале C. Средняя температуры связана с широтой местности.

$$T(\tau) = G(\tau) + Y(\tau) + S(\tau) + C \ , \qquad (3)$$

где $G(\tau) = t_g \cdot \cos(\varphi(\tau) + \varphi_0)$ – глобальное изменение температуры;

$Y(\tau) = t_y \cdot \cos(\varphi(\tau) + \varphi_0)$ – годовое изменение температуры;

$S(\tau) = t_s \cdot \cos(\phi(\tau) + \phi_0)$ – сезонное изменение температуры;

$C = \sum_{\tau=1}^{N}\frac{T(\tau)}{N}$ –постоянная

Исходные данные математической модели:

- модельный период времени равный 10 лет,
- оценка температуры среднемесячная, следовательно, число отсчетов 120,

- средняя температура С = 5 ^{0}С,
- модельный период времени для глобальных изменений равный 100 лет, число отсчетов 12000,
- максимальное значение амплитуды для глобальной и для годовой составляющих принято равным 10 ^{0}С, для сезонной 1 ^{0}С,

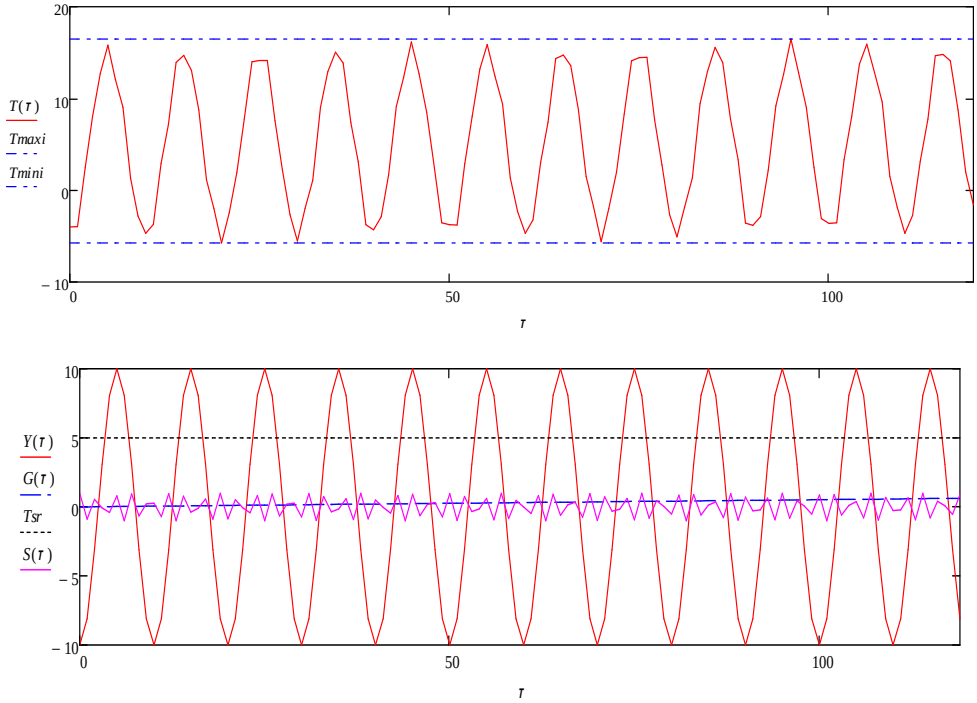

Рис. 2. – Графическое представление:
а – отдельных составляющих модели, б – математической модели
Tmaxi, Tmini – минимальное и максимальное значение функции обозначены штрих-пунктирными линиями

В результате численного моделирования получены функции, отдельных составляющих модели, каждая из которых имеет отличные от других характеристики. Функция, построенная в соответствии с описанной моделью (1), имеет схожую структуру с рядом значений среднемесячных температур, представленных на рисунке 1 а.

Алгоритм

Комплексные аналитические представления температурных сигналов получают с использованием Фурье преобразования. В частотной области реализуется фильтрация, при помощи выделения частот в симметричном интервале относительно несущей частоты. Аспектом точного вычисления фазовой функции, является ее монотонность на всем временном интервале. Для всей выборки, состоящей из 818 сигналов, включающих сведения о среднемесячной температуре за 56 лет, был достигнут предельно допустимый размер фильтрующего окна равный восьмидесяти спектральным составляющим.

В основу работы положена гипотеза, о географической обусловленности фазовой модуляции температурных колебаний. Критерием для построения классификации климатических групп служит согласованность колебаний фазовых характеристик температурных сигналов в отдельных географических регионах. Более благоприятным критерием, определяющим расстояние между фазовыми оценками, и критерием группировки, считается линейный коэффициент взаимной (или коэффициент корреляции Пирсона) *C*, отражающий меру тесноты взаимосвязи между отдельными фазовыми оценками.

Классификация сигналов построена на взаимном сравнении всех фазовых оценок температурных сигналов и выделении групп со схожими закономерностями поведения данных оценок при заранее заданном значении коэффициента взаимной корреляции $C_{s1,s2}$.

$$C_{s1,s2} = \frac{\sum_{t=1}^{T}\left(M_{t,s1} - \left(\frac{\sum_{t=1}^{T} M_{t,s1}}{T}\right)\right)\cdot\left(M_{t,s2} - \left(\frac{\sum_{t=1}^{T} M_{t,s2}}{T}\right)\right)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{T}\left(M_{t,s1} - \left(\frac{\sum_{t=1}^{T} M_{t,s1}}{T}\right)\right)^2 \cdot \sum_{t=1}^{T} M_{t,s2} - \left(\frac{\sum_{t=1}^{T} M_{t,s2}}{T}\right)^2}}, \quad (4)$$

где *s1, s2* – значения порядковых номеров метеостанции, *s*1 = 1,2..S, *s*2 = 1,2..S

Формируем массив $K_{s1,s2}$, в ячейки которого заносятся значение «1» при удовлетворении уровня взаимной корреляции оценок заданному пороговому значению *R = const,* и «0» в обратном случае.

$$K_{s1,s2} = \begin{cases} 0, \text{ если } C_{s1,s2} < R \\ 1, \text{ если } C_{s1,s2} \geq R \end{cases}$$

Формируется массив «текущих» фазовых оценок M^i, рассчитанных как среднее арифметическое из элементов массива M умноженных на соответствующее значение из массива K.

$$M^i_{t,s} = \frac{1}{\sum_{c=1}^{S}\left(K_{s,c}\right)} \cdot \sum_{c=1}^{S}\left(M_{t,c} \cdot K_{s,c}\right), \quad (5)$$

где *c, s* – порядковый номер метеостанции, *c* = 1,2..S, *i* – итерационный индекс.

В результате умножения исходных фазовых оценок на значения из массива K происходит обнуление исходных элементов, имеющих уровень взаимной корреляции ниже заданного *R*.

Для оценки произведенных изменений рассчитываются значения ошибок между значениями массива начального и полученного в ходе вычислений.

$$\max\left(M^i - M\right) \leq \varepsilon,$$

$$\min\left(M^i - M\right) \leq -\varepsilon,$$

где ε – величина ошибки вычисления

В случае если значение разницы между элементами массивов M^i и M удовлетворяет уровню заданной точности ε, то процесс прекращается, в противном случае элементы массива M заменяются элементами массива M^i и расчет повторяется, *i* – итерационный индекс приобретает значение номера итерации.

Процесс вычисления повторяется до тех пор, пока не будет достигнут заданный уровень точности меньший заранее заданной величины ошибки вычисления ε.

В ходе каждой итерации каждая фазовая оценка в массиве заменяется на «текущую». Процесс группировки повторяется до тех пор, пока будут происходить изменения в составе массива M^i. Отсутствие изменений в массиве говорит о сходимости итерационного алгоритма.

При выполнении условия завершения процесса итерации с заранее заданной точностью, «текущие» оценки, полученные на последнем этапе итерации, принимаются в качестве «типовых» фаз. Каждая «типовая» фаза характеризует отдельный климатический класс.

Завершением процесса группировки является вычисление коэффициента взаимной корреляции между исходными и «типовыми» фазовыми оценками и распределение по заданному уровню взаимной корреляции *R*, метеостанций по климатическим группам.

Заключение

В данной работе представлен новый подход для решения задачи исследования и классификации климатов на основе описания временных рядов температуры как фазомодулированного колебания. Фаза вводится на основе теории аналитического сигнала.

Предложенный подход может использоваться как аналитическая основа для изучения изменений климата в любом пространственном масштабе только по данным о приземной температуре.

Литература.

1. Хромов С.П. Петросянц М.А. Метеорология и климатология / учебник. - 7-е изд. - М.: Изд-во Моск. ун-та: Наука, 2006. 582 с.
2. Тартаковский В.А., Крутиков В.А., Волков Ю.В., Чередько Н.Н. Классификация климатов Северного полушария на основе оценки фазы температурного сигнала // Оптика атмосферы и океана. 2016. Т. 29. № 8. С. 625-632+1вкл.
3. Gabor D. Theory of communication // Journal of IEE. 1946. V. 3. Pt. 3. PP. 429-441.
4. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для вузов.– 4-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1986. 512 с.
5. Вакман Д.Е., Вайнштейн Л.А. Амплитуда, фаза, частота – основные понятия теории колебаний // Успехи физ. наук. 1977. Т. 123. Вып. 4. С. 657–682.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УЧЕТА РЕЛЬЕФА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ

С.Е. Галкина, студент, О.Н. Николаева, д.т.н, доцент
Сибирский государственный университет геосистем и технологий
630108, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, тел. +79994675893
E-mail: svgalchonok@mail.ru

Аннотация: В статье обосновывается необходимость учета рельефа при исследовании и оценке экологического состояния территории промышленных центров. Предложено выделять природные и техногенные потоковые системы переноса загрязняющих веществ по подстилающей поверхности города. Представлена модель распределения потоков загрязняющих веществ по территории г. Новосибирска, созданная в ГИС «Карта». Сделаны выводы о роли ГИС в системном анализе экологической обстановки крупного промышленного центра.

Abstract: The article states the necessity of relief assessment as part of analysis of environmental state of urban territories. The rating of dynamics of pollutants in accordance with genesis is stated. The geospatial model of dynamics of pollutants for Novosibirsk city is presented. The conclusion is given about the role of GIS in system analysis of urban environment.

Рельеф влияет на распространение загрязнений по городской территории. Ход большинства эколого-геохимических процессов зависит от поступления в каждую точку территории влаги и солнечного тепла, их распределение регулируется углами наклона и экспозицией склонов. Направление и распространение загрязнений, пути миграции вещества, зоны его возможного накопления и смыва определяют типы морфоэлементов рельефа. Знание этих характеристик обеспечивает детальный морфометрический анализ рельефа, результаты которого позволяют выполнить предварительное зонирование территории по направленности и интенсивности потоков вещества, в том числе загрязняющих веществ. Сочетание транспонирующих и аккумулирующих процессов переноса может активизировать отрицательные экологические явления в пределах земельных участков. Последующий анализ с учетом фактических данных о состоянии окружающей среды на территории города позволит повысить объективность оценки экологической ситуации.

Для реализации интегрированного подхода к экологической оценке урбанизированных территорий предлагается рассматривать в комплексе природную и техногенную составляющие, как показано на рис.1: