

УДК 551.4:630.0

**Ю.Ф. Кобченко**, к. геогр. н., доцент,  
**О.Ю. Кобченко**, інженер,  
**В.О. Резуненко**, к. физ-мат. н., доцент,  
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИТОПОГОДНОГО КОМПЛЕКСА

*В работе рассмотрены количественные методы исследования, и в частности, законы распределения случайной величины, описаны системы кривых Пирсона. Расчитаны характеристики распределений максимальной температуры воздуха по метеостанции Харьков за период с 1951 по 2008 годы.*

**Ключевые слова:** фитоклиматология, фитопогодный комплекс, количественные методы исследования.

**Ю.Ф. Кобченко, О.Ю. Кобченко, В.О. Резуненко. КІЛЬКІСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІТОПОГОДНОГО КОМПЛЕКСУ.** У роботі розглянуті кількісні методи дослідження, і зокрема, закони розподілу випадкової величини, описані системи кривих Пірсона. Розраховані характеристики розподілу максимальної температури повітря по метеостанції Харків за період з 1951 по 2008 роки.

**Ключові слова:** фітокліматологія, фітопогодний комплекс, кількісні методи дослідження.

**Yu.F. Kobchenko, O.Yu. Kobchenko, V.A. Resunenko. QUANTITY METHODS OF RESEARCH OF THE PHYTOWEATHER COMPLEX.** In the article the questions are considered the quantity methods of the research and in particular the laws of distribution of the casual quantity, described the systems Pearson's curves. Calculated the characteristic of distribution the maximum temperatur of air on the meteostation Kharkov in the period from 1951 to 2008 year.

**Keywords:** phytoclimatology, phytoweather complex, quantity methods research.

Характерным для развития современной климатологии есть формирование новых областей знаний, среди которых фитоклиматология занимает особое место. Изучение погодноклиматических комплексов природных и культурных ландшафтов, разработка методов их исследования, в том числе и количественных, определение сферы их прикладного использования составляет содержание исследования в области фитоклиматологии.

Объектом исследования в области фитоклиматологии нами предложен фитопогодный комплекс, как образование, которое сформировалось в условиях растительных сообществ [4,5]. В центре такого образования находится растение, которое остро реагирует на все изменения, которые возникают в процессе функционирования ее составляющих. Для роста и развития растений исключительное значение имеют условия их жизнедеятельности. К ним можно отнести ресурсы тепла и влажности, фотосинтетичную активную радиацию, питательные вещества, и т.д.. В процессе своей жизнедеятельности растение активно создает свою среду существования. Это дает основание говорить об индивидуальных фитопогодных

комплексах, которые характерны для определенных культур.

Внедрение количественных методов в фитопогодные исследования обуславливается возрастающим увеличением объемов получаемой информации. Большой объем фактического материала определяет необходимость перехода к автоматизированному процессу обработки климатологической информации. Отечественными и зарубежными исследователями [1, 2, 3, 5, 7, 8, 12,] разработаны системы сбора, обработки, контроля, сохранения и использования информации для оперативных и климатологических целей.

Для организации гидрометеорологического банка данных (ГМБД), как системы информационных массивов большого объема с техническими и программными средствами информационного обмена и статистической обработки нами создано специальное проблемно-ориентированное программное обеспечение. Оно имеет модульную структуру и использует алгоритмический язык "J" [5]. Структура ГМБД включает информационную базу, язык описания данных, программы-исполнители, системное программное обеспечение. Основные функции ГМБД сводятся к вводу информации, статистической обработки (стандартной климатологи-

ческой и специализированной статистической) массивов данных, объединения информации разных массивов с целью получения массивов нового содержания, подключения программ нестандартной обработки и определения производных параметров по первичным данным.

Особенность языка "J" составляет широкий набор структурных и математических операций, которые применимы одинаково как для скалярных величин, так и для массивов данных, что позволяет отнести язык "J" к типу векторных языков программирования. В особенности это касается матричных операций, таких как, детерминант, агрегативные операции по строкам или столбцам, сворачиваемость, и др. Язык "J" имеет набор операторов над функциями, таких как вставка функции между элементами массива, условное и повторное применение, операторы заданные пользователем, что позволяет считать его функциональным языком. Язык "J" особенно применим для математического, статистического и логического анализа данных. Это мощный инструмент создания новых и лучших решений существующих проблем, но еще более эффективный для поиска решений проблем, которые еще недостаточно изучены. Компактность нотации, интерактивность и мощная эффективность создают среду для многостороннего представления данных и быстрого открытия новых возможных решений, благодаря прямому манипулированию ними.

Наблюдаемые или расчетные оценки параметров фитоклимологических процессов – это случайные величины, а наиболее полной их характеристикой является функция распределения. Описание этой функции выполняется на основе моментных характеристик, в которые кроме средней входят квадратическое отклонение, коэффициенты вариации, асимметрии и эксцесса. Удачно подобранная на основе этих параметров теоретическая функция распределения позво-

ляет решать большое количество задач, связанных с диагнозом состояния фитопогодного комплекса. Особенно эффективные результаты получаются при совместном анализе статистических результатов и физическом, генетическом анализе процессов, их определяющих. В частности, генетический анализ формирования кривых распределения позволяет осуществить выбор лет-аналогов и производить необходимые заключения, не прибегая к дорогостоящим дополнительным наблюдениям [3].

Для обработки гидрометеорологической экспериментальной информации нами рассмотрены и применены распределения Гаусса, Стьюдента, Фишера, хи-квадрат. В качестве основного математического аппарата в данной работе используется система распределений Пирсона [5]. Это позволило, в частности, осуществить проверку гипотез однородности и согласия исходной информации при подборе аппроксимирующих распределений. Наилучшим образом описываются нормальной функцией распределение метеоэлементов не имеющих легко достижимых физических пределов (температура воздуха, атмосферное давление). Распределение элементов, имеющих физический предел с одной стороны – осадков, относительной влажности, скорости ветра, – описываются, гамма- и логнормальным распределениями. К распределениям элементов, ограниченных с двух сторон (количество облаков) можно подобрать аналитическое выражение в виде функций Пирсона. Система распределений – кривых Пирсона охватывает 12 типов распределений, и позволяет удовлетворительно описать большое многообразие кривых распределения, встречающихся в широкой практике метеорологических исследований.

Плотность всех типов распределений Пирсона [12], если принять моду  $M_0$ , равную  $a$ , за начало отсчета, можно записать в виде:

$$\frac{d}{dx}(\lg y) = \frac{x - a}{B_0 + B_1(x - a) + B_2(x - a)^2}, \quad (1)$$

где  $x$  – значение случайной величины, а  $y$  – ордината кривой плотности. Интегрирование этого уравнения приводит к целому ряду функций распределения (некоторые из

этих функций дают J и U – образные кривые).

Распределения Пирсона имеют одну моду или антимоду (значение  $\xi$ , при кото-

ром функция плотности достигает минимума). Тип функции Пирсона определяется при помощи критерия

$$k = -\frac{r_3^2(s+2)^2}{16(s+1)}, \quad (2)$$

где  $s = \frac{6(r_4 - r_3^2 - 1)}{3r_3^2 - 2r_4 + 6}$ ,

а  $r_3$  и  $r_4$  – основные моменты 3 и 4-го порядков:

$$r_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3} \text{ и } r_4 = \frac{\mu_4}{\sigma^4}, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение.

В зависимости от значения критерия выбирается один из типов функции Пирсона. Зависимость типа функции от  $k$  дана в табл. 1.

Таблица 1

**Критерии типа функций Пирсона**

Критерий	№ типа	Критерий	№ типа
$k < 0$	I, VIII, IX, XII	$0 < k < 1$	IV
$k = 0$	II	$k = 1$	V
$k = 0$	Нормальное Распределение	$k > 1$	VI, XI
$k = 0$	VII	$r = \pm\infty$	III, X

Распределение типа I ограничено с двух сторон и асимметрично. Среди распределений этого типа встречаются J и U – образные кривые.

Типы VIII, IX и XII являются частными случаями типа I. При  $h_1 > 0$  и  $h_2 = 0$  уравнение (2) превращается в уравнение типа IX, при  $h_1 < 0$  и  $h_2 = 0$  – в уравнение типа VIII, а в случае, когда  $h_1$  и  $h_2$  равны по величине, но имеют разные знаки, формируется тип XII. Кривые типов VIII и IX являются J-образными, а типа XII представляет собой деформированную J-образную кривую.

Распределение типа II также ограничивается с двух сторон точками  $u = -I'$  и  $u = I'$ , но в отличие от типа I является симметричной кривой. Коэффициент эксцесса отрицателен. Одной из разновидностей кривых данного типа является U-образная кривая. Тип II представляет собой частный случай типа I.

Распределение типа III широко используется на практика и известно как гамма-распределение. Оно ограничено лишь с одной стороны точкой  $u = -I'$ . Данный тип включает в себя J-образные кривые. Плотность распределения определяется уравнением

$$f(u) = f_0(1+u/l_1)^p e^{-pu/l} \quad (4)$$

При  $p > 0$  плотность распределения максимальна в точке  $u=0$  и убывает в обе стороны от нее. Кривая плотности с одной стороны асимптотически приближается к горизонтальной оси при  $u \rightarrow \infty$  или  $u \rightarrow -\infty$ . Когда  $l_1 > 0$ , асимметрия кривой положительна, а когда  $l_1 < 0$  — отрицательна. При  $p < 0$  кривая плотности имеет J-образный вид. Значения  $l_1 > 0$  или  $l_1 < 0$  будут создавать соответственно положительную или отрицательную асимметрию кривых.

Кривые распределения Пирсона типа III, так же как и типа I, имеют эластичную форму и при значительной величине критерия  $k$  довольно хорошо выравнивают распределения, чем и объясняется частое использование этих кривых в приложениях.

Как указывалось выше при выводе формул плотности распределений Пирсона, в том числе и формулы, началом отсчета служит модальное значение. Если заменить моду начальной точкой распределения, то уравнение можно записать в форме, принятой для гамма-распределения,

$$f(x) = a^\lambda \Gamma(\lambda) x^{\lambda-1} e^{-ax} \quad (5)$$

где  $\lambda > 0$ ,  $a > 0$ ,  $0 < x < \infty$ .

Вид кривой зависит только от безразмерного параметра  $\lambda$ , и параметра  $a$ , и играет роль масштаба. Кривые начинаются в точ-

ке  $x=0$  и асимптотически приближаются к оси абсцисс при  $x > \infty$ .

Распределение типа V, так же как и типа III, ограничено с одной стороны и асимметрично, но в отличие от типа III величина  $u$  не может принимать отрицательных значений. Распределение типа VI также асимметрично и ограничено с одной стороны значением  $u = l$  при  $l > 0$ . Распределение типа VI имеет много общего с распределением типа I и может быть использовано для выравнивания в тех случаях, что и распределение типа I. Распределение типа VII неограниченное, асимметричное.

Количественные методов в фитопогодные исследования использованы для полу-

чения значений главных статических показателей распределения метеорологических элементов, чтобы основываясь на них, иметь представление о характере развития атмосферных процессов и природе распределений метеовеличин. Для их расчета использованы негруппированные ряды наблюдений Харьковской метеостанции. Ряды наблюдений имели длину свыше 50 лет (с 1951 по 2008 г. включительно). В дополнение к имеющимся данным справочника были получены характеристики рассеивания ( $\sigma$ ), асимметрии ( $As$ ) и эксцесса ( $E$ ) распределений метеорологических элементов (табл.2).

Таблица 2

**Характеристики распределений максимальной температуры воздуха по метеостанции Харьков за период с 1951 по 2008 годы.**

Характеристики	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$Ср.t$	-3.8	-3.2	2.7	13.3	21.3	24.8	26.4	25.7	19.9	11.6	3.9	-1.3	11.8
$\sigma$	3.2	3.3	2.5	2.9	2.6	2.5	2.0	2.0	2.2	2.8	2.2	2.7	1.0
$As$	-0.5	-0.7	-0.2	0.1	-0.1	0.5	0.2	0.4	0.1	0.1	-0.5	-0.2	-0.3
$E$	-0.3	0.2	-0.5	-0.4	-0.6	-0.3	-0.3	0.5	-0.7	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2

Обращаясь к данным средних квадратических отклонений значений температуры воздуха отметим то обстоятельство, что они имеют большую величину зимой ( $3,2-3,3^\circ$ ), чем летом ( $1,9-2,2^\circ$ ) в пределах рассматриваемой территории. Рассеивание температуры отличается значительно большей стабильностью, чем уровень распределения температуры, характеризуемый средними значениями. Зимнее распределение температуры наряду с большой изменчивостью свойственна значительная асимметрия ( $0,5-0,7$ ). Учитывая, что асимметрию принято считать слабой в том случае, когда выполняется неравенство  $0,1 < r < 0,25$ , умеренной – при  $0,25 < r < 0,5$  и сильной при  $r > 0,5$ . Летом асимметрию распределений значений температуры можно охарактеризовать как умеренную и слабую ( $0,17-0,40$ ). О крутости распределений температуры можно судить лишь ориентировочно, так как величины коэффициентов эксцесса соизмеримы с ошибками их определения. Эксцесс летом не-

лик ( $0,3-0,4$ ) и мало отличается по величине от зимних значений ( $0,2-0,3$ ).

По сгруппированному ряду сделаны расчеты параметров распределения. Числовые характеристики распределения декадных максимальных температур воздуха по метеостанции Харьков за период с 1951 по 2008 годы включали дифференциальную и интегральную численности статистического распределения.

К первым отнесены абсолютная и относительная повторяемости, абсолютная и относительная плотность распределения, ко вторым – накопленная абсолютная и относительная повторяемости. Расчет накопленной повторяемости, сделанный нами за достаточно длинный 50-летний ряд наблюдений, позволяет ее считать эврической интегральной вероятностью или эврической кривой обеспеченности выше или ниже определенного предела. В качестве примера, были рассчитаны квантили, как значение элемента, вероятность неперевышения кото-

рого равна накопленной повторяемости. Была рассчитана 30%-ная квантиль равная 8°C. Это значит, что в данном статистическом распределении вероятность появления температуры превышающей 8°C составляет 30%.

Графическое изображение числовых характеристик распределения декадных максимальных температур воздуха нашло отражение в виде плота (рис.1,2).

Таблица 3

**Расчет относительной повторяемости статистического распределения максимальной температуры воздуха по метеостанции Харьков**

Темп.	-10	-7	-4	-1	2	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	38
Зима	1.01	1.41	4.85	9.49	33.13	32.73	11.92	4.65	0.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Лето	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.21	6.52	18.18	28.03	30.15	12.12	3.79
Остаток	0.00	0.12	0.24	0.73	4.85	7.52	8.97	11.15	10.91	13.45	12.97	12.97	9.09	5.33	1.58	0.12	0.00
Общая	0.25	0.40	1.31	2.68	10.30	11.31	6.72	5.81	4.75	5.61	5.81	7.58	9.85	11.57	10.71	4.09	1.26

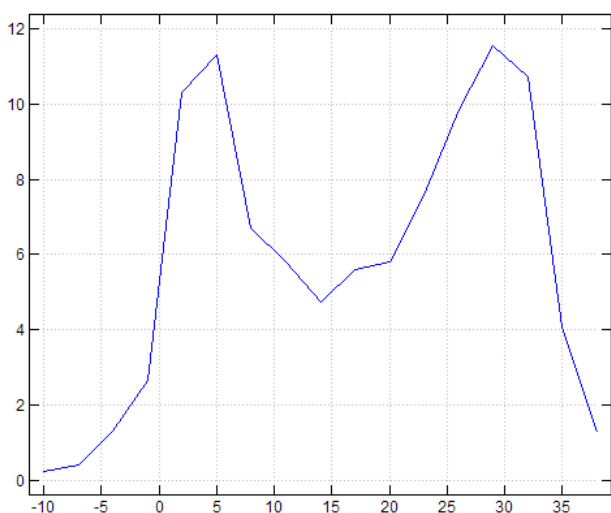


Рис.1. Общая группировка всех декад.

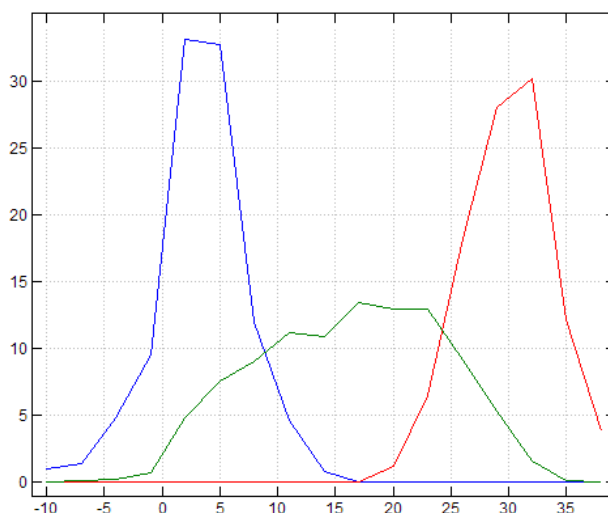


Рис. 2. По-сезонная группировка: Зима, Лето, Остаток.

На рисунке 1 представлен полигон частот в виде двухвершинной кривой, что указывает на присутствие двух мод. Они характерны для зимнего и летнего периодов. Чтобы упростить это сложное распределение и найти аналоги теоретическим распределением нами было сделано разделение плота на отдельные составляющие, описывающие зимний, летний и переходные сезоны (рис. 2). Каждый из выделенных периодов имеет свои закономерности распределения температуры и свои статистические количественные параметры.

Заключая анализ статистических распределений максимальной температуры воздуха по метеостанции Харьков, приходим к следующим выводам. Распределения во все сезоны удовлетворительно описываются нормальным законом. Основываясь на полученных значениях главных статических показателей распределения метеорологических элементов можно делать заключения о характере развития атмосферных процессов и природе распределений метеорологических величин.

**Литература**

1. Алисов Б.П., Полтараус Б.В. Климатология. – М.: МГУ, 1994, 227 с.
2. Дроздов А.А. Климатология. – М.: Наука, 1986. – 569 с.
3. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. - М.: МГУ, 1988.- 244с.

4. Кобченко Ю.Ф., Резуненко В.А., Гвоздь Н.А. Применение статистического критерия Хи-квадрат для анализа гидрометеорологической информации и прогнозирования развития погодных комплексов. //Вестн.Харьк. ун-та. 2003. № 610: Геология-география-экология. С.143-150.
5. Кобченко Ю.Ф., Резуненко В.А. Обработка гидрометеорологической экспериментальной информации методом системы кривых Пирсона. //Материалы конференции «Каразинские природоведческие студии». – Харьков, ХНУ, 2004. С.287-290.
6. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М.: Физматгиз, 1961. – 480 с.
7. Заварина М.В. Счетные машины и их использование в метеорологии и климатологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1968. – 138 с.
8. Самнер Г. Математика для географов. – М. Прогрес, 1981. – 296 с.
9. Arkin E., R. Hassin and Levin A. Approximations for minimum and min-max vehicle routing problems. Manuscript, 2003.
10. Beamont R. Reliability of precipitation probabilities estimated from the gamma-distribution. – Mon. Wea. Rev.. 1972. vol. p.67-72.
11. Enger Y. Optimum length of record climatological estimates of temperature. – Geoph. Rts., 1964, vol. 64, N 7.
12. Keith Smillie, J Companion for Statistical Calculations, <http://www.cs.ualberta.ca/~smillie/Jpage/Jpage.htm>.

© Кобченко Ю.Ф., Кобченко О.Ю., Резуненко В.О.