

УДК 551.584.5

Слизька К.П.

ДЕФІНІЦІЯ ПОНЯТТЯ «ХВИЛЯ ТЕПЛА»

Беручи до уваги постійне збільшення небезпечних та особливо небезпечних метеорологічних явищ у всьому світі, зроблено огляд наукової літератури XXI століття з приводу дослідження явища хвиля тепла. Наголошено на необхідності

проведення таких досліджень на території України через надзвичайний вплив високих температур на здоров'я людини, сільське господарство та інфраструктуру.

Ключові слова: хвиля тепла, класифікація хвиль тепла, спекотний період, теплий період.

Учитывая постоянное увеличение опасных и особо опасных метеорологических явлений во всем мире, был сделан обзор научной литературы XXI века по поводу исследования явления волны тепла. Отмечена необходимость таких исследований на территории Украины в связи с чрезвычайным влиянием высоких температур на здоровье человека, сельское хозяйство и инфраструктуру.

Ключевые слова: волна тепла, классификация волн тепла, жаркий период, теплый период.

Considering the steady increase of dangerous and especially dangerous meteorological phenomena in the world, the review of the scientific literature about the study of phenomenon of heat waves in XXI century was made. Need of such researches in Ukraine in connection with the big influence of high temperatures on human health, agriculture and infrastructure is noted.

Key words: heat wave, the classification of heat waves, hot period, warm period.

Вступ. Температура є таким кліматичним параметром, який показує найвищу ймовірність підвищення у більшості майбутніх сценаріїв глобальних змін клімату (IPCC 2007a, CSIRO 2007) [7]. Термін хвиля тепла (ХТ) на стільки специфічний та неоднозначний, що до цього часу немає жодного офіційного визначення цього явища чи явища спеки, яке б можна було застосувати до різних кліматичних зон. Проте є визначення, рекомендоване Всесвітньою метеорологічною організацією: ХТ - явище, коли денний максимум температури (за більше, ніж 5 послідовних днів) перевищує середній максимум денної температури для того ж календарного дня в період 1961-1990 рр. щонайменше на 5°C. ХТ зазвичай вважають період тривалістю в кілька діб, температура під час якого перевищує заданий поріг, але специфічні особливості цього поняття варіюються залежно від країни, фізико-географічного розташування пункту дослідження та ін. Проблема у тому, що ХТ мають метеорологічний та екологічний впливи разом з впливом на населення та інфраструктуру території, на якій спостерігалось дане явище. Найбільш узагальнюючий підхід, що можливий у разі формування явища ХТ, що може бути небезпечним для людського здоров'я, здобув популярність та авторитет в багатьох країнах як «heat alarm threshold» – сигнальний температурний поріг.

Матеріали та методи. Для виконання цього дослідження було вивчено та проаналізовано літературу, присвячену проблемам ХТ в країнах Європи, Азії, та Сполучених Штатах Америки.

Виклад основного матеріалу. ХТ вивчаються багатьма науковцями в різних галузях науки.

В метеорології та кліматології ХТ визначаються за:

- абсолютними порогами температури;
- відносними порогами температури (процентилі);

- пороговими значеннями температури в поєднанні з іншими метеорологічними величинами (вологість, швидкість вітру);

Визначення хвилі тепла за абсолютними температурними порогоми

Офіційне визначення ХТ в Угорщині є результатом дослідження, що було спільним проектом Національного інституту здоров'я навколишнього середовища Національного центру здоров'я населення, офісу в Будапешті Національного здоров'я населення та Центру медичного обслуговування, а також Угорської метеорологічної служби. Воно визнає ХТ середню температуру, що вища за денну середню температуру, яка спостерігалася з 97% періодичністю (26.6°C) (Таблиця 1). Отже, ХТ є метеорологічна подія за якої середня температура вища за 26.6°C впродовж трьох послідовних днів [16].

Таблиця 1

Основні характеристики хвиль тепла, які використовуються для їх ідентифікації за абсолютними пороговими значеннями температури

<i>Країна/автор/організація</i>	<i>Мінімальна тривалість, діб</i>	<i>Порогове значення температури, °C</i>
Велика Британія (Global Platform)	5	Перевищення середньої максимальної температури на 5°C
Велика Британія (Holt and Palutikof, 2004)	кілька	30°C
ВМО	5	Перевищення середнього максимуму денної температури за період 1961-1990 роки щонайменше на 5°C
Данія	5 3	25°C 30°C
КНР	1	35°C
Нідерланди (Метеорологічне бюро)	5	25°C, за умови, що під час не менше 3-х діб спостерігається 30°C
США (Національна служба погоди)	3	32.2°C
Угорщина (Revesz A.)	3	26.6°C
Україна (Мартазінова та Остапчук, 2004)	2	Перевищення середньодобової температури повітря на 6-10°C на 80% території

У *Великобританії* ХТ відмічається, коли максимальна денна температура впродовж більше, ніж 5 послідовних днів перевищує середню максимальну температуру на 5°C (Таблиця 1). Нормальний середній період або період з 1961 по 1990 роки відповідає основному періоду Кліматичних Прогнозів Великої Британії UKCP09 [5]. В [11] ХТ у Великобританії вважається серія послідовних днів з температурою вище 30°C.

Визначення цього явища для території *Данії* відбувається, коли денний температурний максимум впродовж 5 послідовних днів перевищує 25°C і щонайменше впродовж 3 днів температура досягає позначки 30°C.

Метеорологічне бюро *Нідерландів* рекомендує наступне визначення ХТ: коли максимум очікуваної температури перевищує 25°C за щонайменше 5 днів, з яких не менше 3 днів загрожують температурою більше, ніж 30°C [8].

В *США* критерій визначення ХТ різний для різних штатів, але всі вони також мають схожість до визначення, наданого Національною службою погоди, в якому період хвилі тепла є періодом щонайменше в три дні з максимальною температурою більше 32.2°C . В *КНР* попередження про високі температури випускається, коли температурний максимум за прогнозом перевищує 35°C хоча б в один з днів [8]. Під час досліджень потеплінь на території *України* в теплий період року ХТ ідентифікувалися як різкі підвищення середньодобової температури повітря на $6 - 10^{\circ}\text{C}$ на більше, ніж 80% території *України*. Ці ХТ поділялися на короткотривалі (2-4 доби) та довготривалі (тривалість більше тижня) [1].

В дослідженні [2] обгрунтовано, що найприйнятнішим визначенням ХТ на території *України* є визначення, яке надане ВМО, адже, в ньому фіксованим є лише перевищення в 5°C , а значення середньої максимальної температури для кожної станції розраховуються окремо.

Визначення хвилі тепла за відносними температурними порогоми. Під час роботи міжнародної групи вчених *EuroHEAT* з вивчення ХТ та їхнього впливу на території 9 європейських міст (Афіни, Барселона, Будапешт, Лондон, Мілан, Мюнхен, Париж, Рим, Валенсія) було використано наступне визначення для явища: період, що займає мінімум два дні, в який мінімальна температура перевищує 90-ту перцентиль, а максимальна температура перевищує середнє місячне значення; або період тривалістю щонайменше два дні з максимальною температурою, що перевищує 90%-ву перцентиль місячного розподілу [6; 18].

ХТ для всього регіону *Середземномор'я* визначено як період тривалістю три та більше послідовних спекотних дні ($T_{\text{max}} > 95$ -ї перцентилі) та ночі ($T_{\text{min}} > 95$ -ї перцентилі), що не перериваються більш, ніж одним днем чи ніччю з температурами, що нижче екстремальних [19].

Визначення хвилі тепла за індексами. Результат обчислення ХТ за індексами, які засновані на відношенні високих температур та величини вологості повітря, виражає людську термальну чутливість. Беззаперечно, в людському контексті індекс тепла має використовуватися обережніше, ніж просто температура. Так, випадок ХТ в Італії визначається за допомогою максимальної температури, індексу дискомфорту, що ґрунтується на температурі повітря та точці роси. Максимальна температура визначається як максимальне денне значення температури оточуючого середовища. ХТ визначається як така, коли температура перевищує порогове значення середньомісячної температури (травень – 28.5°C , червень – 32.5°C , липень – 33.5°C , серпень/вересень 34.5°C) під час двох чи більше послідовних днів [13].

За *Poumadère* в сучасному вивченні проблеми хвиль тепла на території *Франції* сигнальний поріг явища заснований на взаємозв'язку

між смертністю та максимумом і мінімумом температури за три послідовних дні за 30-річний період [15].

Основним критерієм надзвичайної попереджувальної системи спеки Національної служби погоди (НСП) США є перевищення денного індексу тепла 40.6°C (105°F) та нічного мінімуму 26.7°C (80°F) для двох послідовних днів. Кількість днів також обрана не випадково. Адже доведено, що максимальна кількість смертей від спекотної погоди припадає саме на другий день постійної спеки.

Індекс тепла – це поєднання температури та вологості, що наближається до температурного режиму людського тіла, з порогамі, які являють собою узагальнені оцінки настання фізіологічного стресу, визначеними НСП. Проблема полягає в тому, що ці порогові значення не можуть бути використані безпосередньо до всієї території США. В теплих та вологих регіонах дані пороги мають бути встановлені на вищому рівні, щоб впевнитися що тільки окремі події стають для даних територій стресовими. В інших (прохолодніших) регіонах критерії, обчислені НСП, можуть ніколи не спостерігатися навіть якщо спекотна погода може бути ідентифікована як хвиля тепла. Отже, ймовірно, що деяка кількість явищ визначених як хвиля тепла, може охоплювати всю територію такої великої країни як США, не дивлячись на різні порогові значення температури та вологості для кожного з регіонів.

ХТ класифікуються за тривалістю, інтенсивністю та часом настання в межах сезону.

ХТ за тривалістю були поділені використовуючи специфічні для певного міста середні значення тривалості ХТ (кількості послідовних днів з явищем) на:

- короткотривалі ХТ, коли тривалість коротша, ніж середнє;
- довготривалі ХТ, коли тривалість однакова чи довша за середнє.

Інтенсивність також була розділена на два рівні відповідно до екстремальних величин Таррмах, що досягається впродовж ХТ:

- низька інтенсивність ХТ, коли Таррмах нижче місячної 95-ї перцентилі;
- висока інтенсивність ХТ, що досягається, коли Таррмах на рівні або вище місячної 95-ї перцентилі.

Peter J. Robinson також говорить про час настання (хронометраж) в межах сезону, що був визначений відповідно до часового інтервалу між двома різними ХТ:

- перша ХТ для кожного літа (розглядається окремо);
- ХТ, що мала місце через 1-3 дні після першої хвилі;
- ХТ, що мали місце через більше як 3 дні після першої хвилі [14]

ХТ також класифікуються за рівнями своєї небезпечності з різними ступенями та програмами дії на випадок їх виникнення.

Так, в деяких країнах світу вже прийняті національні плани щодо попередження негативних наслідків, боротьби з захворюваністю населення

та пристосування до явищ ХТ та спекотної погоди. Прикладами таких планів є національний план у Великій Британії [10] та Австралії [9].

У 2005 р. групою кліматологів ВМО був розроблений керівний документ щодо спостереження за кліматичними змінами, який супроводжувався серією робочих груп для покращення моніторингу клімату в різних країнах у зв'язку зі збільшенням частоти утворення небезпечних явищ (в тому числі ХТ), включаючи впровадження системи спостереження за кліматом в регіонах [3].

В деяких країнах визначають не тільки випадок ХТ, а й проміжні періоди збільшення температури між нормальними погодними умовами та ХТ.

Так, у США випадок ХТ – період тривалістю щонайменше 48 годин, під час якого ані нічний низький, ані денний високий індекс тепла *Hi* не падає нижче стресового порогу, що був визначений Національною службою погоди (НСП), (80°F (26.7°C) та 105°F (40.6°C) відповідно), окрім станцій, для яких більше, ніж 1% від обох спостережених річних високих та низьких *Hi* перевищують даний поріг, в цьому випадку 1%-ві величини використовуються як пороги для хвилі тепла. Іншими словами, хвиля тепла визначається, коли перевищуються обидва денний високий та нічний низький пороги з однакової процентиля для двох послідовних днів. Були протестовані кілька таких порогів. Для більшої території півдня 1%-ві пороги продукують відповідні значення.

НСП встановили де-факто основне визначення для хвилі тепла через розробку критерію попередження хвилі тепла. Цей критерій включає в себе стандарти для всієї території США, але дозволяє певні відхилення для станцій, на яких спостерігаються локальні особливості розподілу метеорологічних величин [12].

Для наступних визначень індекс тепла (визначення подано вище) збільшується у напрямку зростання температури (Рис.1) та є критерієм оцінки настання таких явищ як теплий період, спекотний період та хвиля тепла.



Рис. 1 Зростання небезпеки утворення хвилі тепла зі збільшенням індексу тепла

Інтенсивна хвиля тепла – синоптична подія тривалістю щонайменше 36 годин протягом яких денна температура перевищує максимальний поріг

більше, ніж на 10°C , а нічний мінімум перевищує мінімальний поріг для хвилі тепла. Мінімальна тривалість хвиль тепла має бути встановлена. Досліджувалися тривалості 36 та 48 годин [14]. Теоретично 36-годинна тривалість може містити в собі два виключно спекотних дні з теплим нічним часом між ними, але на практиці означає, що потрібен тільки один денний температурний максимум вище на 10° за постійний низький поріг, що оточений двома нічними зниженнями температури. 48-годинна тривалість ХТ передбачає два денних періоди з високими температурами.

Спекотний період. Період тривалістю щонайменше 48 годин, впродовж яких обидва нічні мінімуми та денні максимуми N_i перевищують спостережені 1%-ві за весь період спостереження на станції, але тільки у тих випадках, коли умови не відповідають критеріям хвилі тепла. Для станцій, на яких 1%-ві значення перевищують критерій НСП, теплий період визначається як подія з величинами, що потрапляють вище критерію НСП, але при цьому знаходяться вище 1%-вих величин.

Теплий період – період, що триває щонайменше 48 годин з денним максимумом N_i , який перевищує 80°F та обидва мінімальні нічні та максимальні денні індекси тепла мають величини, що перевищують їхні спостережені 2%-ві значення протягом всього часу спостережень на станції, але за умови, що критерії не відповідатимуть значенням критеріїв теплового періоду. Для станцій, на яких 2%-ві величини перевищують критерій НСП, величини НСП визначається мінімумом для спекотного періоду, а 2%-ва величина – мінімумом для теплового періоду.

Тривалі випадки ХТ мають місце, коли необхідні умови зберігаються протягом 96 годин і більше [14].

Визначення проміжних періодів між нормальними погодними умовами та випадком ХТ різняться від країни до країни. Наприклад, у Австралії розроблені наступні визначення.

Спекотний день – це день, максимальна температура якого (T_{max}) дорівнює чи вища за певну порогову температуру ($T_{\text{max}} \geq 40^{\circ}\text{C}$).

Спекотний період – група послідовних днів, в кожен з яких максимальна температура (T_{max}) дорівнює чи перевищує порогову температуру ($T_{\text{max}} \geq 35^{\circ}\text{C}$) [4].

Висновки. Не існує єдиного визначення для ХТ. Всі визначення ХТ можна поділити на такі, що визначаються за:

- абсолютними пороговими значенням температури;
- відносними пороговими значенням температури;
- індексами, які включають в себе значення температури та вологості повітря.

ВМО рекомендує таке визначення для ХТ: коли денний максимум температури (за більше, ніж 5 послідовних днів) перевищує середній максимум денної температури для того ж календарного дня в період 1961-1990 рр. щонайменше на 5°C . ХТ також досліджується і з точки зору біокліматології та медицини. Нажаль жодне з визначень хвилі тепла не містить інформації про інтенсивність явища, хоча саме інтенсивність може

визначити різноманітні впливи та їх ступінь на людей, тварин, рослини чи інфраструктуру та економіку країн. Тож варто розглянути інтенсивність на рівні з тривалістю кожної хвили тепла. Аналіз показав, що найбільше ХТ досліджується в Європі та США. Подібні дослідження важливі і для території України, адже в той час, як велика кількість досліджень були присвячені вивченню температури, не було приділено достатньої уваги екстремальним явищам ХТ, які характеризуються тривалими періодами з високими температурами, а також надзвичайним впливом на здоров'я людини, споруди та інфраструктуру.

Використані джерела:

1. Мартазинова В.Ф., Остапчук В.В. Взаимосвязь процессов циркуляции в тропосфере и стратосфере при кратковременных и длительных потеплениях и похолоданиях в Украине // Наукові праці УкрНДГМІ. – 2004. – Вип. 253. – С. 28 – 36.
2. Шевченко О.Г., Сніжко С.І. Хвилі тепла та основні методологічні проблеми, що виникають при їх дослідженні // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. - №. – С..
3. Climate monitoring and assessment definition of climate extreme events. WMO. Geneva, Switzerland 18-21 May 2010.
4. Dankers R., Hiederer R. Extreme temperatures and precipitation in Europe: analysis of a high-resolution climate change scenario – European Commission Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2008.
5. Disaster risk management for health fact sheets. Useful definitions and early warning information for natural hazards. – Global Platform – May 2011.
6. Improving public health responses to extreme weather/heat-waves – EuroHEAT. Technical summary. - World Health Organization. Europe, 2009.- 70p.
7. IPCC (2007): Fourth Assessment Report "Climate Change 2007".
8. Gershunov A., Cayan D.R., Jacobellis S.F. The great heat wave over California and Nevada: signal of increasing trend. – American Meteorology Society. – December 2009. – P. 6181 - 6204
9. Heatwave Plan. Sub plan of the Bayside municipal emergency management plan, 2009.
10. Heatwave plan for England. Protecting health and reducing harm from extreme heat and heatwaves. London 26 May 2011.
11. Holt T., Palutikof J. The effect of global warming on heat waves and cold spells in the Mediterranean. – Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK. – December, 2004.
12. Kalkstein, and R. E. Davis, 1989: Weather and human mortality: An evaluation of demographic and inter-regional responses in the U.S. *Annals Assoc. Amer. Geogr.*, 79, P.44–64.
13. Patrizia Schifano, Giovanna Cappai, Manuela De Sario, Paola Michelozzi, Claudia Marino, Anna Maria Bargagli and Carlo A Perucci. Susceptibility to heat wave-related mortality: a follow-up study of a cohort of elderly in Rome *Environmental Health*, 2009.
14. Peter J. Robinson. On the definition of heat wave. – *Journal of applied meteorology*. – V.40. April 2001. P. 762-776.
15. Poumadère, M., Mays C., Le Mer, S., Blong, R. (2005): The 2003 Heat Wave in France: Dangerous Climate Change Here and Now. – *Risk Analysis* Volume 25 Issue 6. – P. 1483-1494.
16. Revesz A. Stochastic behavior of heat waves and temperature in Hungary. – *Applied ecology and environmental research*. 2008. № 6(4) P. 85-100.
17. Schär C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli C., Liniger M.A., Appenzeller, C. (2004): The role of increasing temperature variability in European summer heat waves. – *Nature* 427, 332-336 pp.
18. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. D. D'Ippoliti, P. Michelozzi, C. Marino, F. de'Donato, B. Menne, K. Katsouyanni, U. Kirchmayer, A. Analitis, M. Medina-Ramón, A. Paldy, R. Atkinson, S. Kovats, L. Bisanti, A. Schneider, A. Lefranc, C. Iñiguez and C. A Perucci. *BioMed Central*, 2010. – 9 p.
19. Toreti A., Kuglitsch F.G., Xoplaki E., Dell-Marta P.M., Zerefos C.S., Türkes M., Luterbacher J. Heat waves in the eastern Mediterranean area. За матеріалами конференції 10th *International Conference on Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics* Patras, Greece from May 25th to May 28th 2010.