

## ХВИЛІ ТЕПЛА ТА ОСНОВНІ МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ПРИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННІ

*В статті показано, що в останнє десятиліття спостерігається зростання кількості випадків хвиль тепла, їх тривалості та інтенсивності. Наведено визначення хвиль тепла, що використовуються як окремими авторами, так і національними службами погоди різних країн. Обґрунтовано зручність використання визначення хвиль тепла, рекомендованого ВМО, для дослідження цього атмосферного явища в Україні. Описані негативні наслідки впливу хвиль тепла на людський організм, на рослини та тварин, а також можливі економічні збитки від їх впливу.*

**Ключові слова:** хвилі тепла, інтенсивність хвиль тепла, тривалість хвиль тепла, наслідки впливу хвиль тепла.

**Вступ.** Хвилі тепла (ХТ) останнім часом привертають до себе все більше уваги вчених всього світу. Для цього є як мінімум кілька серйозних причин. По-перше, хвилі тепла є дуже небезпечним явищем з точки зору негативного впливу на населення і можуть призводити до загибелі та погіршення стану здоров'я значної кількості людей. По-друге, прояв цього небезпечного явища підвищує ризик виникнення лісових пожеж та зниження урожайності сільськогосподарських культур (і, відповідно, загострює проблему нестачі продовольства). Крім того, в останні десятиліття в окремих регіонах нашої планети почала помітно зростати їх повторюваність. Протягом останніх кількох декад частота прояву випадків хвиль тепла зросла в усьому світі, включаючи Європу. Дуже потужні ХТ спостерігалися в Центральній Європі в липні–серпні 2003-го р., в червні–липні 2006 р. та в західній частині Росії в липні–серпні 2010 р.

Хвиля тепла (англ. Heat wave – HW) – це метеорологічний феномен, що належить до явищ синоптичного масштабу та проявляється у вигляді аномально спекотної, сухої погоди, що зберігається протягом певного періоду і охоплює значні території. Погодні умови, що спостерігаються під час ХТ, можуть стати причиною величезної кількості людських жертв. Аномально спекотна погода негативно впливає не лише на людей, а також на тварин та рослини, саме тому ХТ може стати причиною суттєвих втрат в сільському господарстві та інших секторах економіки.

Як відомо, Україна є східноєвропейською країною, що межує з Росією на сході та північному-сході, а також розташована неподалік від країн Центральної Європи, де останнім часом спостерігаються потужні хвилі тепла. Багато жителів України можуть засвідчити, що в липні–серпні 2010 р. погодні умови на більшій частині території України були аномально спекотними та сухими, Український Гідрометеорологічний центр зафіксував кілька нових рекордів максимальної температури повітря протягом цього періоду, фахівці з УкрНДГМІ [1] проводять ґрунтовні дослідження температурних трендів для території України, проте наукових досліджень присвячених саме проблемі хвиль тепла на сьогодні в Україні не має. Хоча, зважаючи на близькість розташування країн, в яких спостерігаються потужні ХТ, та існуючі тренди для максимальних температур повітря, [1] актуальність таких досліджень в Україні є очевидною.

**Матеріали та методи досліджень.** Для виконання даного дослідження нами було вивчено та проаналізовано зарубіжну наукову літературу, присвячену проблемам хвиль тепла та їх негативному впливу на живі організми.

**Виклад основного матеріалу.** Найпершою проблемою, яка виникає при дослідженні хвиль тепла є те, що на сьогодні не існує єдиного універсального визначення цього явища. Першочерговим завданням, що передує дослідженню, як

правило, є аналіз різноманітних методик та підходів і обрання тієї, що дає змогу реалізувати поставлені завдання з урахуванням кліматичних особливостей регіону досліджень, його площі та інших чинників. Такий підхід, що на сьогодні реалізується більшістю вчених-метеорологів, та відсутність єдиного уніфікованого визначення (які існують для багатьох інших атмосферних явищ) створює певні труднощі в порівнянні інтенсивності та тривалості ХТ, що спостерігаються в різних частинах земної кулі.

Окремі дослідники та національні служби погоди різних країн використовують різноманітні варіанти визначення поняття хвиль тепла. Ding та ін [2] описує методику для визначення випадків хвиль тепла, що досить часто використовується в Китаї. В цій країні, зазвичай, спекотним днем вважається день, коли максимальна добова температура повітря сягнула  $+35^{\circ}\text{C}$  (проте для визначення спекотного дня службою погоди в Китаї можуть бути використані три критерії –  $+35$ ,  $+38$  та  $+40^{\circ}\text{C}$ ). Багато китайських авторів хвилею тепла вважають період тривалістю понад три дні з добовою максимальною температурою повітря вищою від  $+35^{\circ}\text{C}$ . Kyselý [3] для дослідження ХТ в Чехії використовує інше визначення, що ґрунтується на двох граничних температурах –  $T_1$  and  $T_2$ . Хвиля тепла визначається як період протягом якого 1) добова максимальна температура повітря є вищою ніж  $T_1$  як мінімум 3 послідовні дні; 2) середня максимальна температура повітря за увесь період є вищою ніж  $T_1$ ; 3) максимальна температура повітря не опускається нижче  $T_2$ . При цьому  $T_1 = +30.0^{\circ}\text{C}$  і  $T_2 = +25.0^{\circ}\text{C}$ . De Voeck та ін. [4] використовують відносні граничні значення температури у визначенні ХТ. Для кожної метеостанції і для кожного дня року розраховуються 90-відсоткові ймовірності максимальної температури. Дні, в які максимальні температури перевищують ці розрахункові значення називаються спекотними днями. Відповідно до даного методу, хвиля тепла – це період, що складається з, як мінімум, 7 послідовних спекотних днів. Цікавим є те, що якщо протягом хвилі тепла з 7-ми послідовних спекотних днів, спостерігається один день з температурою нижче відповідних граничних значень, то цей період все рівно вважається однією хвилею тепла (для ХТ тривалістю 15 днів допускається 2 непослідовні дні з нижчими температурами). На ймовірностях максимальних температур повітря різної забезпеченості та різного періоду тривалості ґрунтуються методики, що використовуються в [5, 6].

В Нідерландах спекотна погода називається хвилею тепла у випадку якщо цей період триває як мінімум 5 днів з максимальною температурою  $+25^{\circ}\text{C}$  чи вищою, включаючи як мінімум 3 «тропічних» дні з максимальною температурою повітря вище  $+30^{\circ}\text{C}$  [7]. Згідно офіційного глосарію Австралійського метеорологічного бюро, хвиля тепла – це період аномально спекотної погоди, що триває кілька днів [8]. Для різних Австралійських міст та регіонів існують більш конкретні визначення, що містять числові граничні значення температури повітря. Наприклад, ХТ в Аделаїді – це період з 5 послідовних днів, коли температура повітря сягнула позначки  $+35^{\circ}\text{C}$  чи вище, або 3 послідовних дні з температурою вище  $+40^{\circ}\text{C}$  [9]. В Сполучених Штатах не існує єдиного універсального визначення хвиль тепла, проте, за потреби воно може бути розроблене для будь-якого регіону, ґрунтуючись на тривалості періоду спекотних днів та самому їх визначенні. Відповідно, в різних регіонах, температурні та часові межі після яких спека називатиметься хвилею тепла будуть відрізнятися.

Всесвітня метеорологічна організація рекомендує для використання наступне визначення ХТ. Хвиля тепла – це період, коли максимальна добова температура повітря 5 або більше послідовних днів перевищує середню максимальну температуру для даного дня за нормальний період (1961–1990 рр.) більш ніж на  $5^{\circ}\text{C}$  або на  $9^{\circ}\text{F}$ .

Аналіз наукової літератури присвяченої проблемі ХТ та аналіз визначень цього атмосферного явища показує, що всі існуючі визначення можна поділити на кілька типів. Перш за все, виділяються визначення з абсолютними та відносними

температурними межами, другою відмінністю є тривалість періоду з температурами, що перевищують граничні, після якої спекотний період вважається хвилею тепла. Визначення з абсолютними температурними межами можуть бути використані лише у випадку, якщо досліджується країна з маленькою площею, або окремий регіон, де спостерігаються однакові (подібні) метеоумови. Наприклад, в межах України середня липнева температура повітря у Львові становить  $+17,3^{\circ}\text{C}$ , в Луганську –  $+21,5^{\circ}\text{C}$ , відповідно, проводячи дослідження хвиль тепла в межах всієї території України використовувати визначення з фіксованими граничними температурами буде не зовсім правильно. Саме тому, на нашу думку, найзручнішим для дослідження хвиль тепла в межах України є визначення запропоноване ВМО, адже, в ньому фіксованим є лише перевищення в  $5^{\circ}\text{C}$ , а значення середньої максимальної температури для кожної станції розраховуються окремо.

Хвилі тепла, як правило, характеризують тривалістю (в днях) та інтенсивністю (в  $^{\circ}\text{C}$ ). У визначеннях фіксується лише певна мінімальна кількість днів, після перевищення якої, спекотний період буде вважатися хвилею тепла. Проте, у випадку потужних ХТ їх тривалість може перевищити мінімальну кількість днів у кілька разів. Для характеристики потужності ХТ досить часто використовується показник – сумарна максимальна температура ( $T_{\text{MAX}}$ ) під час окремо взятої хвилі тепла. Як правило, сумарна  $T_{\text{MAX}}$  розраховується як сума різниць між максимальною температурою повітря та певним граничним значенням, що залежить від визначення ХТ.

ХТ, які спостерігалися протягом останніх десятиріч, характеризуються високою інтенсивністю та значною тривалістю – це значно посилило інтерес до проблеми хвиль тепла, практично в усьому світі. Наприклад, влітку 2010 р. в Москві спостерігалася ХТ, що характеризувалася безпрецедентно високою середньомісячною липневою температурою повітря – такі високі температури не були зафіксовані з часу початку спостережень на початку 19-го сторіччя [10]. Хвиля тепла 2003-го року у Франції була найсуворішою починаючи з 1950 р. [11]. Крім великої інтенсивності вона характеризувалася значним просторовим розподілом – спостерігалася в Португалії [12], Іспанії [13], Італії [14], Великобританії [15], Швейцарії [16], Нідерландах [17], Австрії [18] та Чехії [3, 19]. Під час ХТ 2003-го р. в Європі спостерігалися екстремальні кліматичні аномалії – середня літня температура повітря на більшій частині території західної та Центральної Європи (exceeded the 1961–1990 mean by up to 5 standard deviations), а літо, ймовірно, було найтеплішим з 1540 р. [16, 19, 20]. Після цієї потужної хвилі тепла 2003-го р., лише через три роки (в 2006 р.) в Європі влітку спостерігається нова ХТ, що для Франції була другою за потужністю починаючи з 1950 р. [11].

Багато дослідників відмічають зростання частоти випадків ХТ та позитивні тренди для максимальних температур повітря в різних куточках світу. Наприклад, в Китаї майже для всіх станцій кількість спекотних днів та хвиль тепла протягом 1961–2007 рр. суттєво зросла, особливо на південно-східному узбережжі та півночі Китаю [2]. В Чехії протягом ХХ ст. часовий розподіл хвиль тепла характеризується двома максимумами: перший спостерігався в 1940 – на початку 1950-х рр.; другий розпочався в 1990-х рр. [21]. Протягом останніх 100 років в Лос-Анджелесі середня річна максимальна температура повітря зросла на  $2,8^{\circ}\text{C}$ , в той час як середньорічна мінімальна температура повітря зросла всього лиш на  $2,3^{\circ}\text{C}$  (найбільше зростання і для максимальної і для мінімальної температури було зафіксовано в літні місяці). Також було зафіксовано зростання тривалості ХТ [22]. В результаті аналізу максимальних літніх температур повітря в Україні, було встановлено, що в липні і серпні середня максимальна місячна температура за період 1991–2005 рр. була вищою ніж на період 1961–1990 рр. [1].

Прояв хвиль тепла може негативно впливати на людське здоров'я та порушувати звичний стиль життя. З точки зору біометеорології ХТ впливають на тепловий баланс людського тіла. На сьогодні розроблено багато індексів теплового стресу (або термальних індексів), що пов'язані з атмосферними умовами та відчуттями тепла людиною. При розрахунку будь-якого з цих індексів враховуються всі складові теплового балансу людського організму. В європейських дослідженнях найбільш вживаним з термальних індексів є фізіологічно-еквівалентна температура (ФЕТ) [23, 24, 25].

Вплив ХТ на здоров'я може бути прямим та непрямим. Спека може прямо впливати на захворюваність спричинюючи теплове виснаження, теплові удари з нефатальними або фатальними наслідками. Непрямий вплив спеки – це зростання ризику смерті в результаті різноманітних, в тому числі хронічних захворювань (перш за все, серцево-судинних) [26]. Пристарілі та самотні люди, як правило, зазнають негативного впливу тривалих періодів аномальної спеки частіше, ніж інші групи населення. Щороку (за період 1979–1997 рр.) в середньому 371 американець помирає від надмірної спеки. Протягом ХТ захворюваність та смертність, що пов'язана з надмірною спекою, стрімко зростає [27]. Потужні хвилі тепла є добре відомими завдяки значній кількості людських жертв. ХТ в Чикаго, що тривала з 12 по 20 липня 1995 р. спричинила понад 600 випадків смертей [28]. ХТ влітку 2003 р. лише у Франції протягом 9 днів екстремально високих температур повітря призвела приблизно до 14800 смертей [29]. В Європі за період червень–серпень загальна кількість жертв перевищила 50 000 осіб [30]. De Vono та ін. називають хвилю тепла 2003-го року найбільшим природним лихом у Європі за останні 50 років [31]. Є багато інших випадків ХТ, що добре відомі завдяки значній кількості людських жертв – у Франції в 1976 р., в Греції в 1987 р., в Бельгії в 1994 р. та у Великобританії і Уельсі в 1995 р. [29]. В Москві під час відомої хвилі тепла 2010-го р. лише в липні кількість смертей порівняно з липнем 2009 р. зросла на 4800 осіб [32].

Отже, потужні ХТ є катастрофічними явищами, що призводять до людських жертв, тому значна кількість вчених намагаються чіткіше встановити зв'язки між тривалістю та інтенсивністю цього метеорологічного феномену і смертністю, з метою її зниження. Окремі дослідження свідчать, що існує період затримки (тривалістю 1–3 дні) між максимумом температури повітря та максимумом смертності під час ХТ. З метою зниження кількості людських жертв в окремих країнах (наприклад США, Франції) функціонують системи раннього попередження населення про хвилі тепла.

На сьогоднішній день приблизно 50 % населення Землі проживає у містах. Господарська діяльність людини та наявність значної кількості автотранспорту призводить до утворення додаткового тепла у великому місті; заміна природних поверхонь, вкритих рослинністю, на асфальтові та бетонні є причиною зміни поглинання поверхнею сонячної радіації, здатності акумуляції тепла, інтенсивності випаровування і таким чином призводить до значних відмінностей мікроклімату міста від приміських територій. Мікроклімат великого міста, що є результатом урбанізації, зростання густоти населення та економічного розвитку стає потенційно небезпечним для їх жителів. Доведено, що населення урбанізованих центрів зазнає значно сильнішого впливу екстремальних метеорологічних явищ, зокрема хвиль тепла, ніж населення сільських регіонів [24].

Негативний вплив хвиль тепла на людський організм є суттєвим (особливо під час ХТ значної тривалості). Проте, люди можуть частково захистити себе від аномально спекотної погоди шляхом зміни звичного стилю життя на цей період. Рослини і тварини не мають змоги знижувати тепловий стрес подібним чином і відповідно для захисту від надмірної спеки використовують лише біологічні

приспосовування. Якщо період аномальної спеки не є тривалим або температура не сягнула критичного значення рослина може частково адаптуватися до теплового стресу шляхом зниження кількості продихів на поверхні листової пластини з метою мінімізації евапотранспіраційних втрат та за рахунок розширення кореневої системи в глибші шари ґрунту [33, 34]. За температури повітря понад +40°C більшість рослин в'яне. Якщо вплив екстремальних температур не припиняється через певний час – рослина може загинути. Крім того, в прогрітому ґрунті може відбуватися обмеження поглинання поживних речовин та пошкодження коренів рослини [34]. В результаті – вплив дуже спекотної погоди призводить до загибелі рослин або зниження їх урожайності.

Аномальна спека негативно впливає не лише на окремих тварин (що живуть в природі та сільськогосподарських), а також завдає значних збитків тваринництву як галузі економіки. Це спричинено тим, що під час ХТ: 1) знижується активність сільськогосподарських тварин та їх відтворення; 2) знижуються надої молока; 3) тварини споживають менше їжі та відбувається зниження швидкості приросту маси; 4) окремі тварини, що не встигли пристосуватися до спеки можуть гинути [35].

ХТ негативно впливають не лише на сільське господарство, а також на інші галузі економіки – наприклад на будівництво, транспорт, туристичну сферу. Кліматичні чинники (особливо екстремального характеру та частота їх повторюваності) є дуже важливим чинником для розвитку туристичного сектору певної країни [36]. Зростання частоти прояву випадків ХТ може призвести до зниження кількості відпочиваючих та недоотримання значних сум прибутків в туристичному секторі окремих країн та регіонів [36].

Добре відомим є той факт, що рівень забруднення атмосферного повітря значною мірою залежить від метеорологічних умов – деякі з них призводять до зростання концентрацій забруднювальних речовин, інші – до зниження. Зазвичай, під час ХТ якість повітря погіршується. Озон є фотохімічним забруднювачем, що легко утворюється за теплих сонячних умов, і відповідно, протягом тривалих хвиль тепла його концентрації суттєво підвищуються. Спекотна погода також є причиною зростання вмісту в повітрі різнофракційного пилу та інших забруднювальних речовин [37]. Підвищені концентрації в повітрі таких забруднювачів як озон та тверді часточки також можуть спричинити зростання кількості випадків захворюваності та смертності під час хвиль тепла [37]. Деякі автори зробили спробу встановити кількість додаткових смертей, що пов'язані з високим рівнем забруднення повітря під час ХТ [37-38]. Очевидно, що це завдання є дуже складним, адже, важко розділити випадки смертності, які пов'язані з впливом тривалого періоду надмірної спеки та впливом високих концентрацій ЗР. Концентрація для різних ЗР, що береться як гранична при розрахунку можливих летальних випадків за її впливу на людський організм, як правило, визначається за нормальних умов для людини (комфортної температури та вологості), при цьому не враховується, що за спекотної погоди значно нижчі концентрації ЗР в повітрі можуть стати летальною дозою для людського організму.

**Висновки.** Явищу ХТ присвячена значна кількість статей. Ця проблема на сьогодні є актуальною, тому активно досліджується в багатьох країнах. Проте, існуючі дослідження показують, що зараз – це лише початковий етап вивчення даного явища, адже, по-перше, відсутнє універсальне визначення цього поняття, по-друге, дослідження розвиваються переважно лише в двох напрямках – аналіз часової та просторової динаміки ХТ (подекуди – інтенсивності) та вплив на живих істот та економіку. Очевидно, що наступним етапом розвитку досліджень в даному напрямку стане глибший аналіз причин виникнення ХТ та (з часом) спроба прогнозування (адже, на сьогодні цей напрямок представлений лише кількома дослідженнями).

## Список літератури

1. *Бабиченко В.М., Адаменко Т.И., Бондаренко З.С.* Экстремальная температура воздуха на территории Украины. Материали міжнародної конференції Глобальні та регіональні зміни клімату. Київ, 16-19 листопада, 2010 [електронний ресурс]. – режим доступу: [http://www.uhmi.org.ua/conf/climate\\_changes/presentation\\_pdf/oral\\_1/Babichenko\\_et\\_al.pdf](http://www.uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/oral_1/Babichenko_et_al.pdf) -назва з екрану.
2. *Ding, T.* Changes in hot days and heat waves in China during 1961–2007 / T. Ding, W. Qiana, Z. Yanb // *International Journal of Climatology*. -2010.- № 30. - P. 1452–1462.
3. *Kysely, J.* Recent severe heat waves in central Europe: how to view them in a long-term prospect? / J. Kysely // *International Journal of Climatology*. - 2010. - № 30. - P. 89–109.
4. *De Boeck, H.J.* Climatic characteristics of heat waves and their simulation in plant experiments / H.J. De Boeck, F.E. Dreesen, I.A. Janssens, I. Nijs // *Global Change Biology*. - 2010. - № 16.- P. 1992–2000.
5. *Gosling, S.N.* Climate change and heat-related mortality in six cities. P 1: Model construction and validation / S.N. Gosling, G.R. McGregor, A. Paldy // *International Journal of Biometeorology*. - 2007. № 51. - P. 525-540.
6. *Hajat S.* Impact of hot temperatures on deaths in London: A time series approach / S. Hajat, R.S. Kovats, R.W. Atkinson, A. Haines // *Journal of Epidemiological Community Health*. - 2002.- № 56. - P. 367-372.
7. *Gershunov A.* The Great 2006 Heat Wave over California and Nevada: Signal of an Increasing Trend / A. Gershunov, D.R. Cayan, S.F. Iacobellis // *Journal of Climate*. - 2009.- № 22. - P. 6181-6203.
8. *Glossary of Australian Bureau of Meteorology*. [електронний ресурс]. – режим доступу: <http://reg.bom.gov.au/lam/glossary/hpagegl.shtml> - назва з екрану.
9. *First Heat wave for Adelaide in 2010*, Bureau of Meteorology [електронний ресурс]. – режим доступу: [http://www.bom.gov.au/announcements/media\\_releases/sa/20100115\\_First\\_Heatwave\\_SA\\_Ja\\_n.shtml](http://www.bom.gov.au/announcements/media_releases/sa/20100115_First_Heatwave_SA_Ja_n.shtml) - назва з екрану.
10. *World Meteorological Organization*. 2010. Current extreme weather events. Weather Extremes in a Changing Climate: Hindsight on Foresight (World Meteorological Organization, Geneva) [електронний ресурс]. – режим доступу: [http://www.wmo.int/pages/mediacentre/news/extremeweathersequence\\_2010\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/news/extremeweathersequence_2010_en.html) - назва з екрану.
11. *Fouillet A.* Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave / A. Fouillet, G. Rey, V. Wagner, K. Laaidi, P. Empereur-Bissonnet, A. Le Tertre, P. Frayssinet, P. Bessemoulin, F. Laurent, P. De Crouy-Chanel, E. Jougl, D. Hémon // *International Journal of Epidemiology*. - 2008.- № 37. - P. 309–317.
12. *Nogueira P.J., Falcão J.M., Contreiras M.T., Paixão E., Brandão J., Batista I.* Mortality in Portugal associated with the heat wave of August 2003: Early estimation of effect, using a rapid method. *Eurosurveillance*. - 2005. - № 10 (7) [електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=553> – назва з екрану.
13. *Poumad`ere M.* The 2003 Heat Wave in France: Dangerous Climate Change Here and Now / M. Poumad`ere, C. Mays, S. Le Mer, R. Blong // *Risk Analysis*. - 2005. - № 25 (6). - P. 1483-1494.

14. *Conti S.* Epidemiologic study of mortality during the summer 2003 heat wave in Italy / S. Conti, P. Meli, G. Minelli, R. Solimini, V. Toccaceli, M. Vichi, C. Beltrano, L. Perini // *Environmental Research*. - 2005. - № 98 (3). - P. 390–399.
15. *Johnson H.* The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England / H. Johnson, R.S. Kovats, G. McGregor, J. Stedman, M. Gibbs, H. Walton, L. Cook, E. Black // *Health Statistics Quarterly*. - 2005. - № 25. - P. 6–11.
16. *Beniston M.* The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? Analysis based on Swiss climatological data and model simulations / M. Beniston // *Geophysical research letters*. - 2004. - № 31. - P. 2022–2026.
17. *Fisoher P.* Air pollution related deaths during the 2003 heat wave in Netherlands / P. Fisoher, B. Brunekreef, Z. Lebet // *Atmospheric Environmental*. - 2004. - № 38. - P. 1083–1085.
18. *Hutter H.P.* Heat waves in Vienna: effects on mortality / H.P. Hutter, H. Moshammer, P. Wallner, B. Leitner, M. Kundi // *Wien Klin Wochenschr*. - 2007. - № 119. - P. 223–227.
19. *Schär C.* Hot news from summer 2003 / C. Schär, G. Jendritzky // *Nature*. - 2004. - № 432. - P. 559–560.
20. *Zaitchik B.F.* Europe's 2003 heat wave: a satellite view of impact and land-atmosphere feedbacks / B.F. Zaitchik, A.K. Macalady, L.R. Bonneau, R.B. Smith // *International Journal of Climatology*. - 2006. - № 26. - P. 743–769.
21. *Kyselý J.* Temporal fluctuations in heat waves at Prague–Klementinum, the Czech Republic, from 1901–97, and their relationships to atmospheric circulation / J. Kyselý // *International Journal of Climatology*. - 2002. - № 22. - P. 33–50.
22. *Tamrazion A.* Heat Waves in Southern California: Are They Becoming More Frequent and Longer Lasting? / A. Tamrazion, S. LaDochy, J. Willis, W.C. Patzert // *Association of Pacific Coast Geographers Yearbook*. - 2008. - 70. - P. 59–69.
23. *Mayer H.* Thermal comfort of man in different urban environments / H. Mayer, P. Höpfe // *Theoretical and Applied Climatology*. - 1987. - № 38. - P. 43–49.
24. *Matzarakis A.* Thermal bioclimate in Strasbourg – the 2003 heat wave / A. Matzarakis, M. De Rocco, G. Najjar // *Theoretical Applied Climatology*. - 2009. - № 98. - P. 209–220.
25. *Chirad Deb.* The significance of Physiological Equivalent Temperature (PET) in outdoor thermal comfort studies / Chirad Deb, A. Ramachandraiah // *International Journal of Engineering Science and Technology*. - 2010. - № 2 (7). - P. 2825–2828.
26. *Smoyer-Tomic K.E.* Heat Wave Hazards: An Overview of Heat Wave Impacts in Canada / K.E. Smoyer-Tomic, R. Kuhn, A. Hudson // *Natural Hazards*. - 2003. - № 28. - P. 463–485.
27. *Whitman S.* Mortality in Chicago Attributed to the July 1995 Heat Wave / S. Whitman, G. Good, E.R. Donoghue, N. Benbow, W. Shou, S. Mou // *American Journal of Public Health*. - 1997. - № 87. - P. 1515–1518.
28. *Dematte J.E.* Near-Fatal Heat Stroke during the 1995 Heat Wave in Chicago / J.E. Dematte, K. O'Mara, J. Buescher, C.G. Whitney, S. Forsythe, T. McNamee, R.B. Adiga, I. M. Ndukwu // *Annals of Internal Medicine*. - 1998. - № 129 (3). - P. 173–181.
29. *Bouchama A.* The 2003 European heat wave / A. Bouchama // *Intensive Care Med*. - 2004. - № 30. - P. 1–3.
30. *Larsen J.* Setting the record straight: More than 52 000 Europeans died from heat in summer 2003. Earth Policy Institute. [електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.earth-policy.org/Updates/2006/Update56.htm> - назва з екрану.
31. *De Bono A.* Environment Alert Bulletin 2: Impacts of Summer 2003 Heat Wave in Europe / A. De Bono, P. Peduzzi, S. Kluser, G. Giuliani Châtelaine. -- Switzerland:

United Nations Environment Programme, Global Resource Information Database Europe. - 2004.

32. *Rahmstorf S., Coumou D.* Increase of extreme events in a warming world. PNAS - 2011. - Vol. 108 (44) [электронный ресурс]. – режим доступа: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1101766108](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1101766108) - назва з екрану.

33. *Jiang Y.* Effects of drought or heat stress alone and in combination on Kentucky Bluegrass / Y. Jiang, B. Huang // Crop Science- 2000. - № 40. P. 1358–1362.

34. *Xu Q.* Morphological and physiological characteristics associated with heat tolerance in creeping bentgrass / Q. Xu, B. Huang // Crop Science. - 2001. - № 41. - P. 127–133.

35. *Coventry J., Phillips A.J.* Heat stress in cattle. [электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.nt.gov.au/dpif/pubcat/agnotes/788.html> - назва з екрану.

36. *Balafoutis C.* Analysis of heat wave phenomenon over Greece and its implications for tourism and recreation / C. Balafoutis, T. Makrogiannis // In: Proceedings of the 1st International Workshop on Climate, Tourism and Recreation. Halkidi, Greece: International Society of Biometeorology, 2001. - P. 113–121.

37. *Hoek G.* Daily mortality and air pollution in the Netherlands / G. Hoek, B. Brunekreef, A. Verhoeff, J. van Wijnen, P. Fischer // Journal of the Air and Waste Management Association.- 2000. - № 50 (8). - P. 1380–1389.

38. *Stedman J.* The predicted number of air pollution related deaths in the UK during the August 2003 heat wave / J. Stedman // Atmospheric Environmental. - 2004.- № 38 (8). - P. 1087–1090.

#### **Волны тепла и основные методологические проблемы, которые возникают при их исследовании.**

**Шевченко О.Г., Снежко С.И.**

*В статье показано, что в последнее десятилетие наблюдается увеличение количества случаев волн тепла, их интенсивности и длительности. Показаны определения волн тепла, которые используются как отдельными авторами, так и национальными службами погоды разных стран. Обосновано удобство использования определения, рекомендованного ВМО, для исследования этого атмосферного явления в Украине. Описаны негативные последствия влияния волн тепла на организм человека, на растения и животных, а также возможные экономические потери в результате влияния волн тепла.*

**Ключевые слова:** волны тепла, интенсивность волн тепла, длительность волн тепла, последствия влияния волн тепла.

#### **The heat waves main methodological problems, which appears during the research.**

**O.Shevchenko, S.Snizhko.**

*In the article shown that in the past decade has seen an increase amount of heat waves cases of, their intensity and duration. Shown of heat wave determinations, which are used as individual authors, as well as national weather services in different countries. Grounded, that definitions recommended by the WMO is the most convenient for the study of this atmospheric phenomenon in the Ukraine. Describe the consequences of heat waves influence on the human body, plants and animals and potential economic losses due to heat wave exposure.*

**Key words:** heat wave, heat wave intensity, heat wave duration, consequences of heat wave influence.