

УДК 551.5

Т. А. САФРАНОВ<sup>1</sup>, д-р. геол.-мін. наук, проф., Г. П. КАТЕРУША<sup>1</sup>, канд. геогр. наук, доц.,

О. В. КАТЕРУША<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одеський державний екологічний університет,

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

e-mail: safranov@ukr.net <http://orcid.org/0000-0003-0928-5121>

katerusha17@ukr.net

## МОЖЛИВИЙ ВПЛИВ ЗМІН ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ НА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ УМОВИ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

**Мета.** Оцінка очікуваних просторово-часових екстремальних проявів температурного режиму в теплий період та соціально-економічних ризиків від них в Україні. **Методи.** Оцінка можливих змін режиму екстремальної температури та їх соціально-економічних наслідків у різних регіонах України ґрунтується на двох траєкторіях зміни концентрації викидів: RCP4.5 – середнього і RCP8.5 – високого рівнів викидів парникових газів. Вивчення часових змін кількості жарких днів в окремі місяці (квітень-жовтень), суми таких днів за ці місяці і за літній сезон з 2011 по 2050 рік проводилось для чотирьох станцій у різних регіонах України. Аналіз просторового розподілу жарких днів і днів з високою температурою виконано на основі даних 27 станцій країни. Жарким вважається день, коли максимальна температура повітря перевищує 25 °С, днем з високою температурою – коли вона перевищує 30 °С. Під соціальним ризиком розуміють ймовірність попадання населення певної території в зону з небезпечним або аномальним явищем в середньому за рік. Економічний ризик – це сукупні збитки від небезпечного явища на даній території. Він залежить від соціального ризику і суми часток валового внутрішнього продукту, які припадають на одного мешканця країни, за період, що дорівнює середній тривалості цього явища. Для розрахунку економічного ризику використано відомості прес-служби Державної служби статистики за даними «Інтерфакс-Україна». **Результати.** Надано динаміку можливої річної кількості жарких днів у деяких містах країни за період 2011-2050 рр., особливості просторового розподілу середньої за рік кількості жарких днів і тривалості періодів з високою температурою, а також оцінку можливих соціально-економічних наслідків кліматичного температурного ризику, зумовлених екстремальними проявами температурного режиму для всіх областей країни. **Висновки.** Кількість жарких днів і днів з високою температурою переважно зростатиме за обома сценаріями. Тому всі області країни в тій або іншій мірі будуть соціально і економічно уразливими при формуванні періодів високих температур. Найбільших економічних збитків від максимальних температур вище 30 °С можуть зазнати Донецька та Дніпропетровська області. Максимальні значення економічних ризиків в цих областях при формуванні додатних екстремальних температурних періодів зумовлені найвищою щільністю населення в порівнянні з іншими регіонами України.

**Ключові слова:** сценарії змін клімату, максимальна температура повітря, жаркі дні, дні з високою температурою, соціально-економічний ризик.

Safranov T. A., Katerusha G. P., Katerusha O. V.

Odessa State Environmental University, Odessa

### POSSIBLE INFLUENCE OF THERMAL REGIME CHANGE ON SOCIAL-ECONOMIC CONDITIONS IN UKRAINIAN REGIONS

**Purposes.** Assessment of the expected spatiotemporal extreme manifestations of the thermal regime during the warm period and socio-economic risks from them in Ukraine. **Methods.** The assessment of possible changes in the regime of extreme temperature characteristics and their socio-economic consequences in different regions of Ukraine is based on two trajectories (RCP4.5 and RCP8.5). Studies of time changes of hot days in certain months (April-October), the sum of such days for these months and for the summer season from 2011 to 2050 were carried out for four stations in different regions of Ukraine, and research of spatial distribution of hot days and days with high temperature was made based on data from twenty-seven stations in the country. A hot day is the one when the maximum temperature exceeds 25 °C, the day with a high temperature – when it exceeds 30 °C. Social risk is a possibility of the population of a certain territory to be influenced by a dangerous or abnormal phenomenon in average throughout the year. Economic risk is the cumulative damage from a dangerous phenomenon in a given territory. It depends on social risk and the sum of the shares of gross domestic product per inhabitant for a period equal to the average duration of the phenomenon. For evaluation of economic risk, statements of the press service of the State statistics service according to data of "Interfax-Ukraine" were used. **Results.** There were given the dynamics of possible annual quantity of hot summer days in some cities of the country, features of the spatial distribution of the average number of hot days per year and the duration of periods with high temperature, as well as an assessment of the possible socio-economic consequences of climate temperature risk due to extreme manifestations of the thermal regime (maximum daily temperature above 30 °C) for all regions

of the country. **Conclusions.** The number of hot days and days with high temperatures will mainly increase in both scenarios. Therefore, all regions of the country will be more or less socially and economically vulnerable to the formation of periods of high temperatures. The largest economic losses from the maximum temperatures above 30 °C can incur Donetsk and Dnipropetrovsk regions. The maximum values of economic risks in these areas in the formation of positive extreme temperature periods are due to the highest population density compared to other regions of Ukraine

**Keywords:** climate change scenarios, maximum air temperature, hot days, high-temperature days, social and economic risk

Сафранов Т. А., Катеруша Г. П., Катеруша Е. В.

*Одесский государственный экологический университет*

## **ВОЗМОЖНОЕ ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В РЕГИОНАХ УКРАИНЫ**

**Цель.** Оценка ожидаемых пространственно-временных экстремальных проявлений температурного режима в тёплый период и социально-экономических рисков от них в Украине. **Методы.** Оценка возможных изменений режима экстремальной температуры и их социально-экономических последствий в разных регионах Украины базируется на двух траекториях изменений концентрации выбросов: RCP4.5 – среднего и RCP8.5 –высокого уровней выбросов парниковых газов. Изучение временных изменений количества жарких дней в отдельные месяцы (апрель-октябрь), суммы таких дней для этих месяцев и летнего сезона с 2011 по 2050 год проводилось для четырех станций в разных регионах Украины. Анализ пространственного распределения жарких дней и дней с высокой температурой выполнен на основе данных 27 станций страны. Жарким считается день, когда максимальная температура воздуха превышает 25 °C, а днём с высокой температурой – когда максимальная температура превышает 30 °C. Под социальным риском понимают вероятность попадания населения определённой территории в зону с опасным или аномальным явлением в среднем за год. Экономический риск – это совокупный ущерб от опасного явления на данной территории. Он зависит от социального риска и суммы долей валового внутреннего продукта на одного жителя страны в течение периода, равного средней продолжительности явления. Для оценки экономического риска использовалась информация пресс-службы Государственной службы статистики по данным «Интерфакс-Украина». **Результаты.** Приведены динамика возможного годового количества жарких дней в некоторых городах страны за период 2011-2050 гг., особенности пространственного распределения среднего количества жарких дней в году и продолжительности периодов с высокой температурой, а также дана оценка возможных социально-экономических последствий климатического температурного риска, обусловленного экстремальными проявлениями температурного режима для всех областей страны. **Выводы.** Согласно обоих сценариев ожидается в основном увеличение количества жарких дней и дней с высокой температурой. Поэтому все области страны в той или иной мере будут социально и экономически уязвимыми при формировании периодов высоких температур. Самых больших экономических убытков от максимальных температур выше 30 °C можно ожидать в Донецкой и Днепропетровской областях. Максимальные значения экономических рисков в этих областях при формировании положительных экстремальных температурных периодов обусловлены самой высокой плотностью населения по сравнению с другими регионами Украины.

**Ключевые слова:** сценарии изменения климата, максимальная температура воздуха, жаркие дни, дни с высокой температурой, социально-экономический риск

### *Вступ*

Проблема змін клімату та їх наслідків у XXI столітті є надзвичайно актуальною. Клімат на нашій планеті змінюється і змінюється достатньо швидко. В останній (П'ятій) оціночній доповіді Міжурядової групи експертів з питань змін клімату підкреслюється, що надзвичайно ймовірно (з ймовірністю 95-100%) основною причиною потепління, яке спостерігається з середини минулого сторіччя, став антропогенний вплив на кліматичну систему. Так, глобально усереднені дані про температуру поверхні суші та океану, визначені на основі лінійного тренду, свідчать про потепління на 0,85 °C (0,65-1,06 °C) за період 1880-2012 рр. Зростання температури відбувається нерівномірно по поверхні Землі [1]. Експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я

протягом низки років підкреслювали, що ризики для здоров'я, зумовлені кліматичними змінами, є значними і поширеними у всьому світі. Вони вважають, що 80% захворювань, які відбуваються наразі, мають природне походження внаслідок змін навколишнього середовища. У майбутньому у всьому світі смертність через літню жару буде зростати. За сучасними розрахунками медиків з Британського міністерства охорони здоров'я і дослідницьких інститутів, до 2020 року смертність підвищиться на 66 %, а до 2050 року – на 257 %. Глобальне потепління клімату дає помітний негативний внесок у зміни здоров'я населення, хоча поки оцінка потенційного впливу змін клімату на здоров'я містить в собі велику ступінь невизначеності [2].

Метою даної роботи є оцінка очікуваних просторово-часових екстремальних проявів температурного режиму та соціально-економічних ризиків від них в Україні.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Глобальні зміни клімату відображаються і в Україні. Якщо за період 1960-2010 рр. швидкість зміни середньої, мінімальної та максимальної температури повітря за рік становила приблизно  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  років, то протягом 1981-2010 рр. – вже  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/10$  років [3]. При цьому середня річна температура повітря відносно кліматичної норми стала вищою на  $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  з 1991 по 2014 рр. [4, 5]. Найбільше зростання максимальної температури повітря за цей період спостерігалось влітку ( $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) з максимумом ( $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) у липні, а мінімальної – взимку ( $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) з максимумом ( $2,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) у січні [4, 6].

Зростання максимальної температури зумовило збільшення кількості спекотних днів, коли максимальна температура повітря перевищувала  $25$  та  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  [3, 4, 7, 8, 9, 10].

В Україні влітку і навіть у перехідні сезони часто формуються умови для підвищення температури до таких значень. Висока температура може встановитись під час надходження сухого континентального повітря помірних широт або тропічного повітря з Нижнього Поволжя і Середньої Азії. Істотне підвищення температури може відбутись і у малорухомих термічних депресіях, які виникають внаслідок інтенсивного нагрівання повітря, а також у відрогах і часткових антициклонах Азорського максимуму, які поширюються на територію нашої країни із заходу [11].

Сучасне потепління клімату супроводжується зростанням повторюваності небезпечних гідрометеорологічних явищ (НЯ), а це призводить до соціального і економічного збитків у різних регіонах країни. Так, підвищення тривалості періодів з високими або низькими температурами впливає як безпосередньо на стан здоров'я людей, так і опосередковано через якість води, продук-

тів харчування, стану забруднення повітря. Крім того, екстремальні значення температури впливають на стійкість і міцність будівельних конструкцій, робочі характеристики техніки, багато в чому визначають пожежонебезпечність, рівень забруднення тощо. Тому удосконалення управління кліматичною інформацією, системний аналіз характеристик НЯ вкрай актуальні і є основою соціально орієнтованих систем попередження в рамках організації робіт по зниженню передбачуваних або таких, що відбулися, збитків, пов'язаних з кліматичними ризиками [12].

Низка дослідників під гідрометеорологічними ризиками розуміють статистичні ймовірності настання тих або інших аномальних або небезпечних явищ погоди [13, 14]. Найчастіше використовують непрямі методи для розрахунку соціально-економічних складових ризиків, тому що існує проблема відсутності достовірної і доступної інформації по економічних збитках від НЯ, по кількості загиблих і постраждалих людей в результаті прояви окремих небезпечних явищ [12].

Авторами робіт [14, 15] запропоновано співвідносити економічні втрати з чисельністю населення, що дозволяє оцінити уразливість на основі даних про ВВП на одного мешканця. При цьому вважається, що збитки, створені відповідним НЯ, компенсуються за рахунок ВВП у переліку на населення, яке потрапило в зону дії НЯ. Безпосередньо до небезпечних явищ відносять і сильну жару, і сильний мороз, періоди з аномально холодною/жаркою погодою. Так високими вважаються максимальні за добу температури повітря зі значеннями  $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  будь-якої тривалості. Аномально жарка погода характеризується максимальною температурою  $\geq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  протягом 5 діб і більше. Сильна жара має ознаки: значення максимальної температури досягають  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  і вище протягом 3 діб і більше [12].

### **Матеріали та методи дослідження**

Для оцінки можливих змін режиму екстремальної температури та їх соціально-економічних наслідків у різних регіонах України було використано дві траєкторії: RCP4.5 і RCP8.5 – траєкторії зміни концентрації викидів (відповідно для середнього та високого рівнів викидів парникових газів). Згідно них прогнозується стале зростання радіаційного форсингу протягом

XXI-го сторіччя зі значеннями у 2100 році біля  $4,5$  та  $8,5\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$  відповідно і в подальшому стабілізацію цих значень [16].

Для прогнозування наслідків змін клімату в якості базових періодів фахівці по змінах клімату часто вибирають періоди від теперішнього часу до 2050 року і до 2100 року.

Дослідження часових змін кількості жарких днів в окремі місяці (квітень-жовтень), суми таких днів за всі вказані місяці і за літній сезон за період з 2011 по 2050 роки проводилось для чотирьох станцій у різних регіонах України (Семенівка – Чернігівська область, Ужгород – Закарпатська область, Ізмаїл – Одеська область, Біловодськ – Луганська область), а їх просторовий розподіл – по даних двадцяти семи станцій країни (див. нижче схеми) за двома вказаними сценаріями. Жарким вважається день, коли максимальна температура повітря досягає 25 °C і вище.

Визначення можливих соціальних і економічних ризиків, зумовлених екстремальними проявами температурного режиму (максимальною добовою температурою вище 30 °C), проведено для території країни, використовуючи методику, запропоновану в роботах [14, 15]. Згідно цієї методики під соціальним ризиком розуміють ймовірність попадання населення певної території в зону з небезпечним або аномальним

явищем в середньому за рік. Розрахунки виконувались за формулою:

$$R_{соц} = (n_i / N) \cdot (s_i / S) \cdot t_{cp} \cdot m \cdot k, \quad (1)$$

де  $n_i$  – кількість випадків з  $i$ -м небезпечним явищем на досліджуваній території за весь період спостереження;  $N$  – загальна кількість спостережень;  $s_i$  – середня площа, яка охоплюється  $i$ -м небезпечним явищем;  $S$  – площа всієї території;  $t_{cp}$  – середня тривалість НЯ;  $k$  – коефіцієнт агресивності НЯ;  $m$  – кількість мешканців на досліджуваній території.

У [14, 15] економічним ризиком пропонують називати сукупні збитки від НЯ на даній території та визначати його як:

$$R_{ек} = A \cdot R_{соц}, \quad (2)$$

де  $A$  – сума часток ВВП, які припадають на одного мешканця країни, за період, який дорівнює середній тривалості НЯ.

Для розрахунку економічних ризиків використано відомості прес-служби Державної служби статистики за даними «Інтерфакс-Україна».

### Результати дослідження

Згідно проведених розрахунків жаркі дні на півночі, заході і сході країни за обома сценаріями очікуються щорічно з травня по вересень, але в окремі роки вони можуть спостерігатись у квітні та жовтні; на півдні – щорічно з квітня по жовтень (табл. 1).

Найбільша повторюваність їх припадає на липень-серпень: у Семенівці (Північний регіон) – 9 жарких днів, Ужгороді (Західний регіон) – 10-13, Біловодську (Східний регіон) – 21-22, Ізмаїлі (Південний регіон) – 26-28 днів в середньому на місяць.

Слід зазначити, що в окремі роки в Ізмаїлі та Біловодську кількість днів з максимальною температурою вище 25 °C у липні і серпні може спостерігатись навіть впродовж всього місяця, у Семенівці і Ужгороді – 25-27 днів.

Отже, жаркі дні на більшій частині території країни будуть спостерігатись з квітня по жовтень (винятком є північні регіони). Абсолютний максимум сумарної тривалості періодів з максимальною температурою вище 25 °C за двома сценаріями очікується у липні на ст. Клепінине (Крим) і становитиме 1113 (RCP4.5) та 1124 (RCP8.5) дні, за літній сезон – також на цій станції (2769 і 2797 днів відповідно), а за весь рік – на ст. Ізмаїл (3401

і 3569 днів); абсолютний мінімум і за сезон, і за рік – у Передкарпатті (Коломия, 683 і 785 днів за RCP4.5 та 779 і 938 днів за RCP8.5 відповідно).

Найчастіше жаркі дні можливі на станціях Клепінине та Ізмаїл (майже 90% днів від загальної тривалості місяця); на станціях Пришиб, Красноармійськ, Нова Каховка – більше 80%. Зовсім рідко (з повторюваністю приблизно 8%) таке явище очікується у серпні у Закарпатті (Ужгород).

На рис. 1 представлено часову зміну річної кількості таких днів за двома сценаріями протягом досліджуваного періоду. Визначений лінійний тренд, який характеризує динаміку кількості жарких днів, найчастіше показує їх зростання.

На рис. 2 представлено розподіл середньої за рік кількості днів з середнім максимумом температури повітря вище 25 °C по всій території країни за двома сценаріями. Особливістю розподілу цього параметра є збільшення його у напрямі з заходу, північного заходу, півночі на південь і південний схід. Це зумовлено факторами, які впливають на формування такої температури – складовими теплового балансу, синоптичних процесів, підстильної поверхні тощо.

Таблиця 1

Кількість жарких днів за двома сценаріями (2011-2050 рр.)

Сценарій	Кількість днів	Місяць						Сума, рік	Сума, літо	
		IV	V	VI	VII	VIII	IX			X
RCP4.5	Семенівка (Північний регіон)									
	Сума	-	36	128	369	363	72	-	968	860
	Середнє	-	0,9	3,2	9,2	9,1	1,8	-	24,2	21,5
	Ужгород (Західний регіон)									
	Сума	11	35	145	442	100	69	1	1103	987
	Середнє	0,3	0,9	3,6	11,1	10,0	1,7	0,03	27,6	24,7
	Ізмаїл (Південний регіон)									
	Сума	49	178	581	1097	1041	412	43	3401	2719
	Середнє	1,2	4,5	14,5	27,4	26,0	10,3	1,1	85,0	68,0
	Біловодськ (Східний регіон)									
Сума	8	124	408	877	836	204	9	2466	2121	
Середнє	0,2	3,1	10,2	21,9	20,9	5,1	0,2	61,5	53,0	
RCP8.5	Семенівка (Північний регіон)									
	Сума	8	41	101	352	344	82	-	928	797
	Середнє	0,2	1,0	2,5	8,8	8,6	2,1	-	24,6	19,9
	Ужгород (Західний регіон)									
	Сума	14	54	157	534	396	138	-	1293	1087
	Середнє	0,4	1,4	3,9	13,4	9,9	3,5	-	32,3	27,2
	Ізмаїл (Південний регіон)									
	Сума	45	195	620	1110	1049	496	54	3569	2779
	Середнє	1,1	4,9	15,5	27,8	26,2	12,4	1,4	89,2	69,5
	Біловодськ (Східний регіон)									
Сума	28	123	382	843	827	229	5	2437	2052	
Середнє	0,7	3,1	9,6	21,1	20,7	5,7	0,1	60,9	51,3	

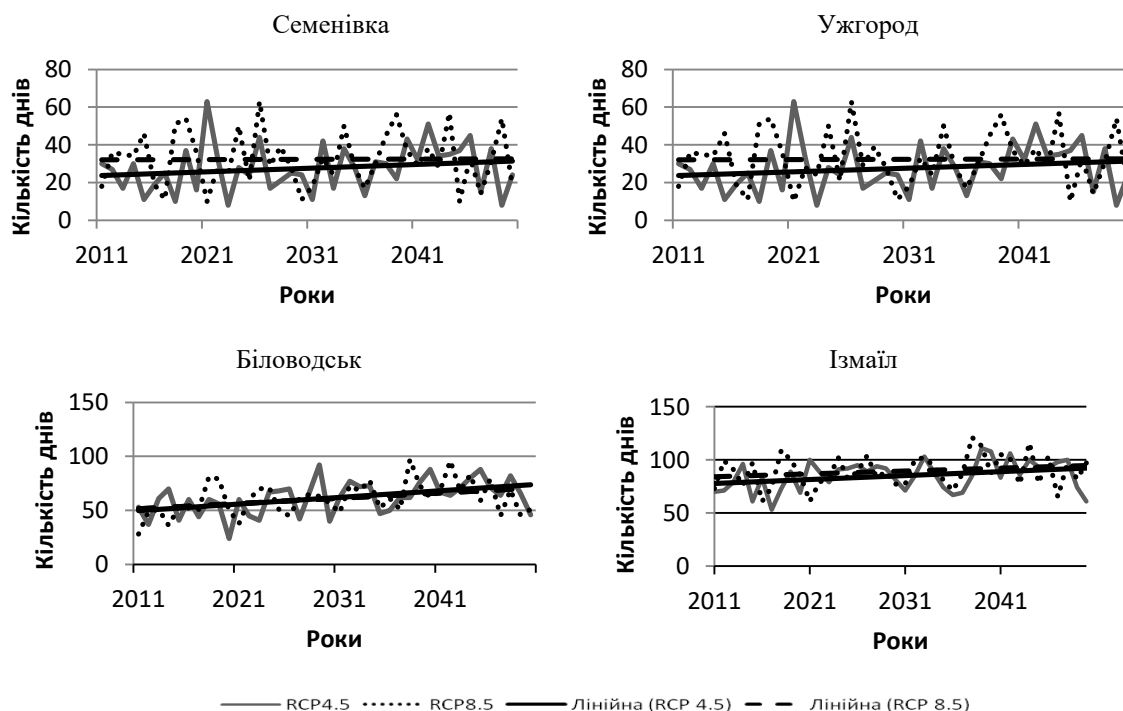
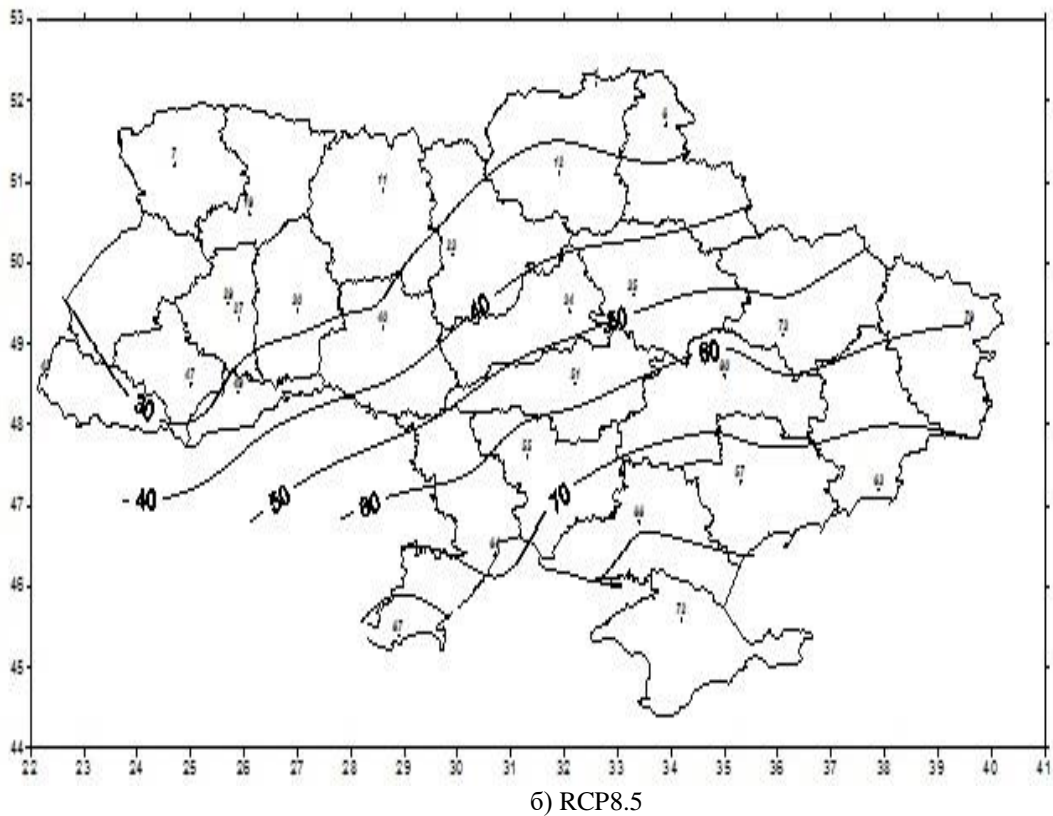
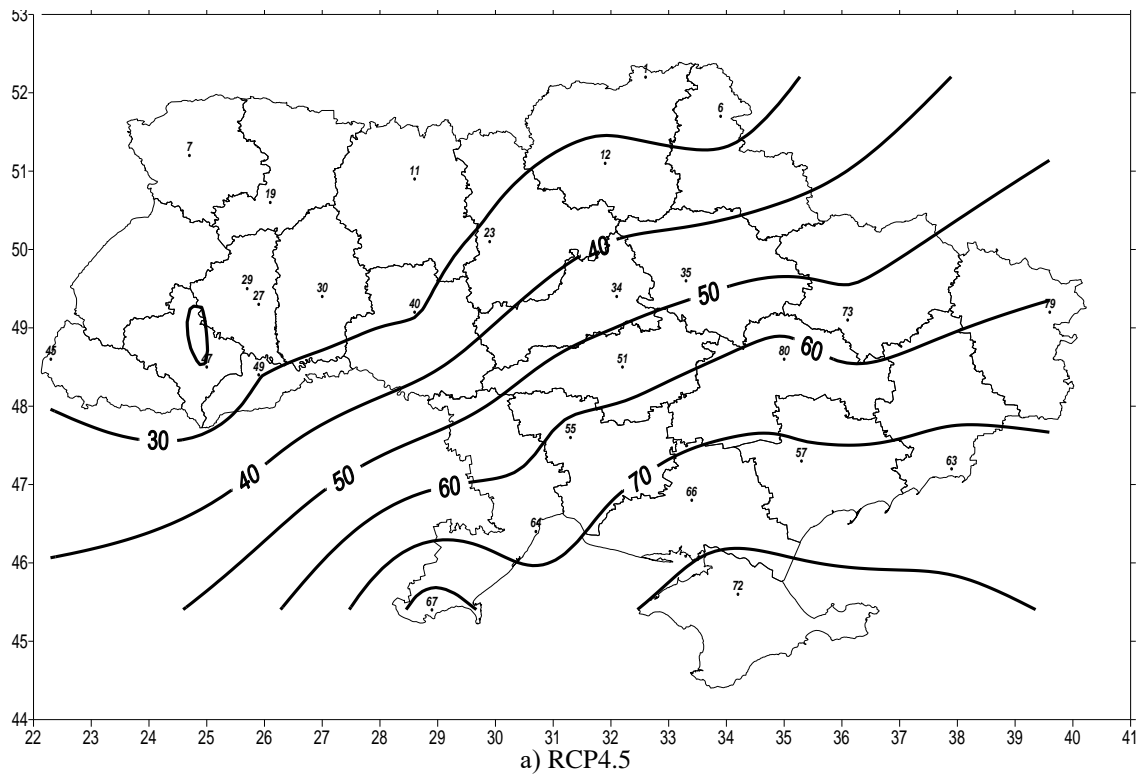


Рис. 1 – Динаміка річної кількості жарких днів за період 2011-2050 рр.



1 – Семенівка, 6 – Глухів, 7 – Ковель, 11 – Коростень, 12 – Нежин, 19 – Рівне, 23 – Фастів, 27 – Стрий, 29 – Тернопіль, 30 – Хмельницький, 34 – Черкаси, 35 – Веселий Поділ, 40 – Вінниця, 45 – Ужгород, 47 – Коломия, 49 – Чернівці, 52 – Бобринець, 55 – Вознесенськ, 57 – Пришиб, 63 – Красноармійськ, 64 – Одеса, 66 – Нова Каховка, 67 – Ізмаїл, 72 – Клепінине, 73 – Харків, 79 – Біловодськ, 80 – Кайдаки

**Рис. 2** – Просторовий розподіл середньої за рік кількості жарких днів за двома сценаріями

Для визначення температурного ризику в різних областях країни, зумовленого максимальною добовою температурою вище 30 °С виявлено необхідні характеристики цього небезпечного явища: кількість випадків за весь досліджуваний період, середню тривалість НЯ.

Отже, за обома сценаріями максимальна за добу температура повітря  $\geq 30$  °С буде спостерігатись з травня по вересень (у травні лише на 30% від всіх станцій загальна тривалість їх від 2 до 15 днів за 40 років). За траєкторію RCP 4.5 найбільша кількість періодів з високою температурою (144 дні) на території країни за досліджуваний інтервал очікується у липні на ст. Клепінине, при цьому загальна тривалість становитиме 530 днів. За траєкторією RCP 8.5 найбільша кількість періодів з високою температурою (155 днів) можлива у серпні в Ізмаїлі при загальній тривалості їх 502 дні.

За сценарієм RCP4.5 максимальна безперервна тривалість таких періодів на різних станціях становитиме від 2 (Коломия) до 26 (Клепінине) днів у липні і 5 (Ковель) - 20 (Нова Каховка) днів у серпні. Цікаво, що загальна тривалість таких періодів у липні вища, ніж у серпні у Передкарпатті, Закарпатті, на східних і південних районах країни, на решті території навпаки.

*Суми загальної тривалості періодів з високою температурою за рік суттєво зростають з південного заходу і заходу (42 дні, Тернопіль) на південний схід (1175 днів, Красноармійськ) і південь (1179 днів, Клепінине) (рис. 3а).*

Повторюваність днів з високою температурою по території України за 40-річний досліджуваний період у липні-серпні буде коливатись від 1,6 (Тернопіль) до 42,7% (Клепінине), у перехідні сезони від 0,0 до 8,9% (Клепінине).

За сценарієм RCP8.5 максимальна безперервна тривалість таких періодів коливатиметься від 5 (Ковель, Ужгород, Коломия) до 18 (Нова Каховка, Ізмаїл, Клепінине) днів у липні і 6 (Ніжин) – 26 (Нова Красноармійськ) днів у серпні

*Суми загальної тривалості періодів з високою температурою за рік також, як і за першим сценарієм, суттєво зростають з південного заходу і заходу (120 днів, Тернопіль) на південний схід (1151 день, Красноармійськ) і південь (1173 дні, Клепінине) (рис. 3б).*

Повторюваність днів з високою температурою у липні-серпні буде коливатись

від 3,5 (Коломия) до 40,5% (Ізмаїл), у перехідні сезони – від 0,0 до 6,4% (Ізмаїл).

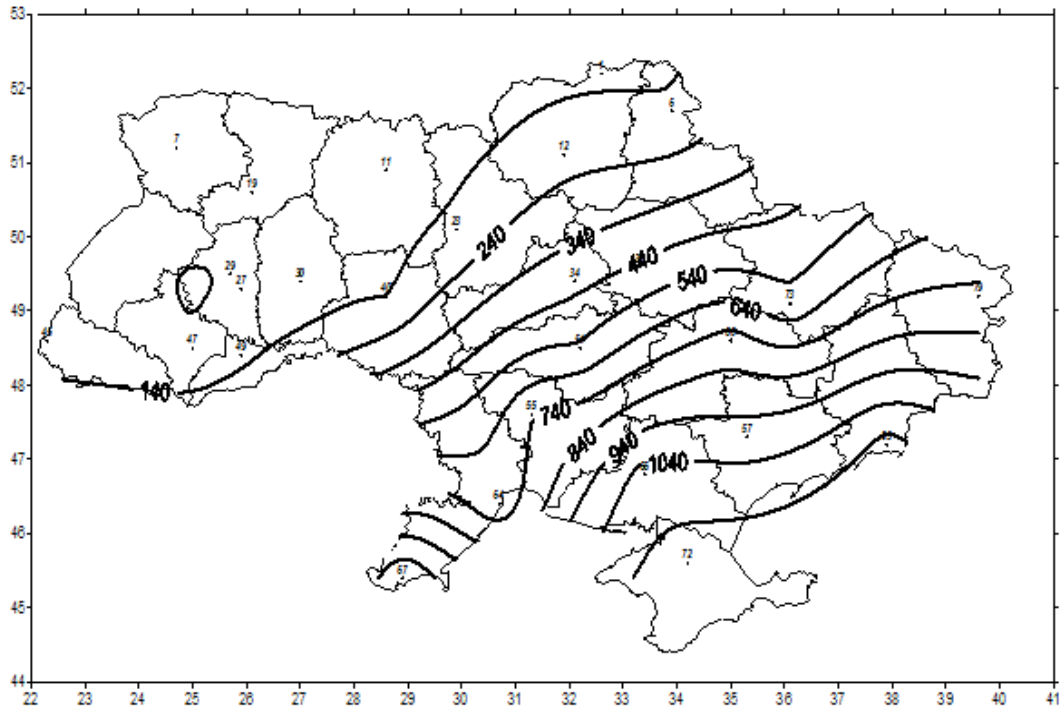
На основі здобутих даних по повторюваності високої температури, використовуючи викладену методику, проведено розрахунки можливих соціально-економічних ризиків для всієї території країни стосовно цієї температури.

Розрахунки соціальних ризиків показали, що найбільший ризик для досліджуваної території являють собою періоди високої температури у Донецькій і Дніпропетровській областях (відповідно 62,9 і 48,6 тис. чоловік за сценарієм RCP4.5 та 61,4 тис. і 49,3 тис. чоловік за сценарієм RCP8.5), що зумовлено, окрім географічного положення їх, у більшій мірі, чисельністю населення (табл. 2).

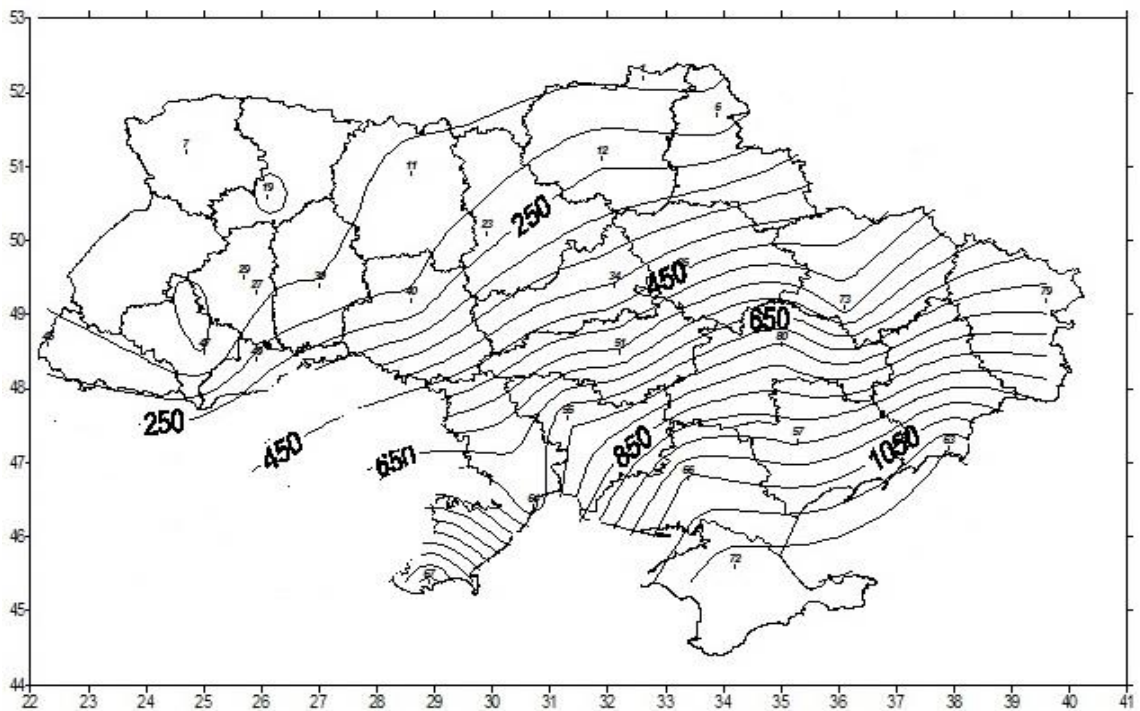
Аналіз розрахунків показав, що всі області країни у тій або іншій мірі будуть економічно уразливими при формуванні періодів високої температури. Найбільших економічних збитків можуть зазнати Донецька та Дніпропетровська області від максимальних температур вище 30 °С відповідно 7,25 і 5,61 млн. грн. за сценарієм RCP 4.5 та 7,08 і 5,69 млн. грн. за сценарієм RCP8.5. Максимальні значення економічних ризиків у цих областях при формуванні додатних екстремальних температурних періодів зумовлені найбільшою щільністю населення на фоні решти областей України.

Порівнюючи соціальні та економічні ризики, можливі при формуванні періодів з максимальною добовою температурою повітря вище 30 °С, які визначено за двома сценаріями, можна зробити висновок, що за сценарієм RCP8.5 («найгіршим») такі ризики більші на переважній частині країни за винятком Запорізької, Донецької, Луганської, Херсонської та Черкаської областей. А от у західному регіоні країни (Закарпатська, Львівська, Чернівецька, Волинська, Рівненська області), ризики за цим сценарієм перевершать результати розрахунків за сценарієм RCP 4.5 дуже суттєво: в 2-3 рази, що зумовлено збільшенням саме тут загальної тривалості періодів з високою температурою (від 48 до 93 днів за літо) і максимальної безперервної тривалості їх.

Слід зазначити, що різний рівень економічного розвитку тої або іншої області суттєво впливає на ступінь уразливості території. На жаль, застосований метод не дозволяє враховувати дані властивості регіону.



a) RCP4.5



б) RCP8.5

1 – Семенівка, 6 – Глухів, 7 – Ковель, 11 – Коростень, 12 – Нежин, 19 – Рівне, 23 – Фастів, 27 – Стрий, 29 – Тернопіль, 30 – Хмельницький, 34 – Черкаси, 35 – Веселий Поділ, 40 – Вінниця, 45 – Ужгород, 47 – Коломия, 49 – Чернівці, 52 – Бобринець, 55 – Вознесенськ, 57 – Пришиб, 63 – Красноармійськ, 64 – Одеса, 66 – Нова Каховка, 67 – Ізмаїл, 72 – Клепінине, 73 – Харків, 79 – Біловодськ, 80 – Кайдаки

**Рис. 3** – Просторовий розподіл тривалості періодів (дні) з високою температурою за рік (2011-2050 рр.)



Використаний у роботі підхід відносно простий і дозволяє здобути прийнятні результати для врахування їх при плану-

ванні адаптаційних заходів в різних секторах економіки, медицині зокрема.

Таблиця 2

**Соціальні та економічні ризики, можливі при формуванні екстремальних температурних періодів з максимальною добовою температурою  $\geq 30^{\circ}\text{C}$**

Область	Населення, тис. чол.	RCP4.5		RCP8.5	
		Соціальний ризик, тис. чол.	Економічний ризик, млн. гр.	Соціальний ризик, тис. чол.	Економічний ризик, млн. гр.
Чернігівська	1045,0	7,0	0,80	10,0	1,15
Сумська	1113,3	5,3	0,61	7,0	0,80
Волинська	1042,7	2,0	0,23	4,5	0,52
Житомирська	1247,5	5,4	0,62	8,3	0,95
Рівненська	1161,8	2,9	0,33	6,0	0,69
Київська	4638,8	23,4	2,70	36,4	4,20
Львівська	2534,2	5,8	0,67	11,7	1,35
Тернопільська	1065,7	0,9	0,11	3,0	0,35
Хмельницька	1294,4	3,4	0,39	4,5	0,52
Черкаська	1259,2	9,2	1,06	9,2	1,06
Полтавська	1438,9	16,3	1,88	17,3	1,99
Вінницька	1602,2	6,8	0,78	10,4	1,19
Закарпатська	1259,2	2,0	0,23	4,5	0,52
Івано-Франківська	1382,3	1,3	0,15	3,2	0,37
Чернівецька	909,9	0,9	0,11	2,0	0,23
Кіровоградська	973,1	9,1	1,05	10,6	1,23
Миколаївська	1158,2	12,4	1,43	12,8	1,48
Запорізька	1753,6	25,2	2,90	24,7	2,84
Донецька	4265,1	62,9	7,25	61,4	7,08
Одеська	2390,3	38,6	4,40	39,0	4,49
Херсонська	1062,4	17,0	1,96	16,3	1,88
АР Крим	1957,8	28,8	3,32	28,6	3,30
Харківська	2718,6	34,2	3,95	37,5	4,32
Луганська	2205,4	27,1	3,13	25,9	2,98
Дніпропетровська	3254,9	48,6	5,61	49,3	5,69

### Висновки

На основі аналізу результатів розрахунків за кліматичними сценаріями (RCP4.5 і RCP8.5) деяких показників режиму екстремальної температури в Україні в періоді з 2011 по 2050 рр. можна вважати, що за обома сценаріями кількість жарких днів і днів з високою температурою переважно буде зростати. Тому всі області країни в тій або іншій мірі будуть соціально і економічно уразливими при формуванні періодів високих температур. Найбільших економічних збитків від макси-

мальних температур вище  $30^{\circ}\text{C}$  можуть зазнати Донецька та Дніпропетровська області. За сценарієм RCP8.5 такі ризики більші на переважній частині країни, ніж за сценарієм RCP4.5).

Прогностична оцінка кількості днів з екстремальними температурами може бути дуже корисною при розробці профілактичних заходів, спрямованих на мінімізацію впливів факторів ризику для здоров'я та смертності населення України.

### Література

1. Alexander Lisa V., Allen Simon K., Bindoff Nathaniel L. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. 2013. 30 p. URL: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_TS\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_TS_FINAL.pdf)
2. Chang C.C., Wang Y.C., Wu J., Liu C.M., Sung F.C., Huang Y., Lin W.Y. and Chuang C.Y. The impact of climate change on gastrointestinal diseases in Taiwan. Int. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure, ISEE/ISEA, Paris, 2006. Sept. 2 – 6. P. 406.

3. Балабух В.О., Малицька Л.В., Лавриненко О.М. Особливості погодних умов 2014 року в Україні. *Фізика атмосфери, метеорологія і кліматологія. Наукові праці УкрНДГМІ*. 2015. Вип. 267. С 28-38.
4. Балабух В.О. Впливи зміни клімату в Україні та у Закарпатській області – сьогодення та сценарії на майбутнє. *Адаптація до зміни клімату*: навчального посібник. Карпатський Інститут Розвитку. Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА», 2015. Розділ 2. С. 9-31.
5. Балабух В.О. Зміна інтенсивності конвекції в Україні: причини та наслідки. URL: <https://meteo.gov.ua/files/content/docs/Vinnitsa/UkrGMI.pdf> (дата звернення: 10.09.2108).
6. Бабиченко В. Н., Адаменко Т.И., Бондаренко З.С., Николаева Н.В., Рудишина С.Ф., Гущина Л.М. Экстремальная температура воздуха на территории Украины в условиях современного климата. URL: [https://uhmi.org.ua/conf/climate\\_changes/presentation\\_pdf/oral\\_1/Babichenko\\_et\\_al.pdf](https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/oral_1/Babichenko_et_al.pdf) (дата звернення: 5.09.2108).
7. Степаненко С.М. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / Одеський держ. екол. у-т.; за ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. 518 с.
8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України. ФОП Грін Д.С. 2016. 350 с.
9. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: монографія / С.М. Степаненко та ін. Одеський держ. екол. ун-т.; за ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового. Екологія, 2011. 694 с.
10. Сафранов Т.А., Хохлов В.М, Волков А.І. Можливий вплив змін температурного режиму на рекреаційно-туристичну діяльність в регіонах України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. №18. С. 18-28.
11. Бабіченко В.М., Дячук В.А. Клімат України: монографія. Київ: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
12. Волкова М.А., Чередыко О.А., Ивашкова О.А. Особенности формирования и социально-экономические последствия температурных рисков в Томской области. *Вестник Томского университета*. 2013. № 374. С. 180-187.
13. Быков А.А., Акимов В.А., Фалеев М.И. Нормативно-экономические модели управления риском. *Деловой экспресс*. 2004. Т. 1, № 2. С. 125-137.
14. Кобышева Н.В., Галюк Л.П., Панфутова Ю.А. Методика расчета социального и экономического рисков, создаваемых опасными явлениями погоды. *Труды ГГО*. 2008. Вып. 558. С. 162–171.
15. Кобышева Н.В., Кобышев Е.А. Районирование территории России по степени опасности смерчей. *Природные опасности России. Т. 5 : Гидрометеорологические опасности*, 2001. С. 165–167.
16. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату: монографія. Одеса: «Екологія», 2013. 204 с.

### References

1. Alexander Lisa, V., Allen Simon, K., Bindoff Nathaniel, L. Climate Change (2013): The Physical Science Basis, 30 Available at: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_TS\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_TS_FINAL.pdf) [in English].
2. Chang, C.C., Wang, Y.C., Wu, J., Liu, C.M., Sung, F.C., Huang, Y., Lin, W.Y. and Chuang, C.Y.(2006). The impact of climate change on gastrointestinal diseases in Taiwan. *Int. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure, ISEE/ISEA, Paris, Sept. 2 – 6*, 406 [in English].
3. Balabukh, V., Malyska, L., E. Lavrinenko, E. (2015). Osoblyvosti pogodnyh umov 2014 roku v Ukraini. [Features of weather in Ukraine in 2014]. *Fizyka atmosfery, meteorologija i klimatologija. Naukovi praci UkrNDGMI*, 267, 28-38 [in Ukrainian].
4. Balabukh, V. (2015). Vplyvy zminy klimatu v Ukraini ta u Zakarpats'kij oblasti – s'ogodennja ta scenarij na majbutnje. [Impact of climate change in Ukraine and Zakarpattya region – nowadays and future scenarios]. *Adaptacija do zminy klimatu: navchal'nyj posibnyk. Karpats'kyj Instytut Rozvytku. Agentstvo spryjannja stalomu rozvytku Karpats'kogo regionu «FORZA», 2*, 9-31 [in Ukrainian].
5. Balabuh, V.O. (2018). Zmina intensyvnosti konvekciij v Ukraini: prychny ta naslidky. [Change in the intensity of convection in Ukraine: causes and consequences]. Available at: <https://meteo.gov.ua/files/content/docs/Vinnitsa/UkrGMI.pdf> [in Ukrainian].
6. Babichenko, V. N., Adamenko, T.I., Bondarenko, Z.S., Nikolaeva, N.V., Rudishina, S.F., Gushchina, L.M.(2015). JEkstrema'naja temperatura vozduha na territorii Ukrainy v uslovijah sovremennogo klimata. [Extreme air temperature on the territory of Ukraine in conditions modern climate]. Available at: [https://uhmi.org.ua/conf/climate\\_changes/presentation\\_pdf/oral\\_1/Babichenko\\_et\\_al.pdf](https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/oral_1/Babichenko_et_al.pdf) [in Russian].
7. Stepanenko, S.M., Pol'ovyj, A.M. (2015). Klimatychni zminy ta ih vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy: monografija [Climatic changes and their influence on the spheres of economy of Ukraine] . Odes'kyj derzh. ecol. u-t. Odessa: TES, 518 [in Ukrainian].
8. Nacional'na dopovid' pro stan navkolyshn'ogo pryrodnogo seredovyshha v Ukraini u 2014 roci.(2016). [National environmental State report of Ukraine in 2014]. K.: Ministerstvo ekologij' ta pryrodnih resursiv Ukrainy. FOP Grin' D.S., 350 [in Ukrainian].
9. Stepanenko, S.M., Pol'ovyj, A.M. (2011). Ocinka vplyvu klimatychnyh zmin na galuzi ekonomiky Ukrainy. [Evaluation of change of parameters of thermal regime of climate system in Ukraine]. Odes'kyj derzh. ecol. u-t, Ekologija, 694 [in Ukrainian].

10. Safranov, T.A., Khohlov, V.M, Volkov, A.I. (2016). Mozhlyvyj vplyv zmin temperaturnogo rezhymu na rekreacijno-turystychnu dijial'nist' v regionah Ukraїny. [Possible impact of thermal regime change on recreational-tourist activity in Ukrainian regions]. *Ukraїns'kyj gidrometeorologichnyj zhurnal*, (18), 18-28 [in Ukrainian].
11. Babichenko, V.M., Djachuk, V.A. (2003). Klimat Ukraїny: monografija. [Climate of Ukraine]. Kyїv: Vyd. Rajevs'kogo, 343 [in Ukrainian].
12. Volkova, M.A., CHered'ko, O.A., Ivashkova, O.A. (2013). Osobennosti formirovanija i social'no-jekonomicheskie posledstvija temperaturnih riskov v Tomskoj oblasti. [Features of forming and socio-economic effects of temperature risks in Tomsk region]. *Vestnik Tomskogo universiteta*, (374), 180-187 [in Russian].
13. Bykov, A.A., Akimov, V.A., Faleev, M.I. (2004). Normativno-jekonomicheskie modeli upravlenija riskom. [Normative-economic models of risk management]. *Delovoj jekspres*, 1 (2), 125-137 [in Russian].
14. Kobysheva, N.V., Galjuk, L.P., Panfutova, JU.A. (2008). Metodika rascheta social'nogo i jekonomicheskogo riskov, sozdavaemyh opasnymi javlenijami pogody. [Methodology of calculating of social and economic risks posed by dangerous weather phenomena]. *Trudy GGO*, (558), 162–171 [in Russian].
15. Kobysheva, N.V., Kobyshev, E.A. (2001). Rajonirovanie territorii Rossii po stepeni opasnosti smerchej. [Zoning of territories of Russia by tornado hazards degree]. *Prirodnye opasnosti Rossii, 5: Gidrometeorologicheskie opasnosti*, 165–167 [in Russian].
16. Stepanenko, S. M. (2013). Dynamika ta modeljuvannja klimatu: monografija. [Dynamic sand modelling of climate]. Odesa: «Ekologija», 204 [in Ukrainian].

Надійшла до редколегії 18.10.2018