

ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА КІЛЬКІСТЬ ТА ПЛОЩУ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ У ПІВНІЧНО-ЧОРНОМОРСЬКОМУ РЕГІОНІ УКРАЇНИ

В. О. Балабух¹, канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

С. В. Зібцев², д-р с.-г. наук, проф.,

дир. Регіонального Східноєвроп. Центру моніторингу пожеж

¹ Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України,
пр. Науки, 37, 03028, Київ, Україна, Balabukh@uhmi.org.ua

² Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул.Генерала Родімеца, 19, 03041, Київ, Україна

Досліджено вплив кліматичних факторів на кількість та площу лісових пожеж у північно-чорноморському регіоні України на прикладі Херсонської області. Встановлено кількісні зв'язки рівня ступеню пожежонебезпеки в регіоні із термічним режимом, режимом зволоження та вітром; доведено визначальний вплив температури повітря на ступінь природної пожежної небезпеки в регіоні. Дослідження показали, що цей вплив найбільше позначається на площі пожеж і значно менше на їх кількості. Приведено оцінку зміни цих кліматичних факторів у період з 1961 по 2010 рр., їх значущості і достовірності та впливу цих змін на кількість і площу лісових пожеж у регіоні. Показано можливі зміни кліматичних характеристик та екстремальних погодних умов Херсонської області в 2021-2050 рр. відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.) для сценарію розвитку суспільства SRES A1B та їх вплив на лісові пожежі.

Ключові слова: зміна клімату, лісові пожежі, північно-чорноморський регіон

1. ВСТУП

Метеорологічні умови є основним фактором, що визначає пожежну небезпеку і регламент роботи протипожежних служб лісових господарств. Температура повітря та ґрунту, вологість повітря, кількість опадів, швидкість вітру впливають на умови виникнення пожежі, швидкість та особливості її розвитку, стратегію і тактику її гасіння. В Україні для оцінки пожежної небезпеки за умов погоди обраховують комплексний показник, що враховує температуру повітря, точку роси та кількість днів після дощу, на основі якого визначають клас пожежної небезпеки за умовами погоди.

Протягом останніх десятиріч метеорологічні умови як на нашій планеті, так і в Україні, суттєво змінюються. Багато із зареєстрованих змін кліматичної системи, за даними Міжурядової групи експертів зі зміни (МГЕЗК), є нетиповими або безпрецедентними за останні десятиріччя чи навіть тисячоліття [7]. Вони мають переважно негативні наслідки і будуть посилюватись у майбутньому. Такі зміни не лише становлять загрозу для життя та здоров'я людей, а й зумовлюють значні та незворотні зміни в лісових і болотних екосистемах [1-7].

Встановлено що підвищення температури повітря, яке супроводжується дефіцитом вологи, негативно впливає на лісові масиви,

особливо на ріст дерев, збільшення їхньої захворюваності і приводить до висихання лісів у помірних широтах що значною мірою впливає на зростання пожежної небезпеки [1,2,5]. На підвищення ймовірності виникнення лісових пожеж впливає також збільшення тривалості теплого періоду та зростання грозової активності [2,5]. Найбільше потерпають від пожеж соснові ліси які мають підвищену схильність до загорання із-за наявності смолистих речовин та низького вологовмісту. В Україні, за даними [5,9], найбільш вразливими до лісових пожеж є південні області України, де зосереджена основна маса штучно посаджених лісів

Очікується, що до кінця XXI століття на території Східної Європи ризик пожежної небезпеки збільшиться, особливо в південних регіонах, зросте і ризик виникнення лісових і торф'яних пожеж, що зумовлено не лише підвищенням температури повітря, зростанням посушливості, а й збільшенням тривалості теплого періоду [1-7].

Оскільки природна пожежна небезпека значною мірою залежить від поєднання різних метеорологічних факторів, то виявлені її часові та просторові зміни мають різний масштаб, та іноді навіть напрям тренду. Тобто для них характерні чітко виражені регіональні риси, зумовлені кліматичними та мікрокліматичними

особливостями території, які потребують дослідження.

Метою цього дослідження є оцінка впливу зміни термічного режиму, режиму зволоження та екстремальних явищ погоди на пожежну небезпеку північно-чорноморського регіону України, на прикладі Херсонської області, у період з 1961 по 2013 рр., їх можливих змін до середини XXI ст. відносно сучасного кліматичного періоду для збалансованого сценарію розвитку суспільства A1B та встановлення частки невизначеності цих змін.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження зміни кліматичних умов північно-чорноморського регіону України проводили за щоденними даними мережі гідрометеорологічних спостережень Херсонської області (10 метеорологічних станцій) за період 1961-2013 рр. Аномалії визначали як відхилення значень величини від норми, за яку прийнято багаторічне середнє за базовий період (1961-1990 рр.). Середні за рік значення стосуються календарного року, середні дані за зимовий сезон включають грудень попереднього року. Число днів з екстремальними явищами погоди, зумовленими температурою та опадами, визначали за добовими даними мережі спостережень. Для аналізу впливу кліматичних умов на пожежну небезпеку у Херсонській області використовували дані Херсонського обласного управління лісового та мисливського господарства про кількість лісових пожеж за рік та їх площу за 1996 – 2013 рр.

Статистичну оцінку зміни в часі метеорологічних величин, повторюваності та інтенсивності екстремальних погодних умов здійснювали за допомогою аналізу часових рядів та регресійного аналізу: визначалася форма та напрям тренду часового ряду та оцінювалася його статистична значущість (p).

Оскільки основною причиною швидкої зміни клімату є антропогенна діяльність людини та викиди парникових газів, оцінка можливої зміни кліматичної системи здійснюється з урахуванням розвитку людства. МГЕЗК запропонувала 40 сценаріїв, які охоплюють широкий діапазон можливих викидів парникових газів [2]. Ці сценарії об'єднані у 4 групи відповідно до чотирьох можливих варіантів зміни ситуації в майбутньому – A1, A2, B1, B2. В даній роботі представлені проєкції зміни клімату для сценарію A1B, який належить до першої групи і передбачає зростання кількості населення до

середини XXI ст. з подальшим зменшенням, кількість викидів – середня між сценаріями B1 і A2 та збалансоване використання викопних та відновлюваних джерел енергії. За своїми характеристиками сценарій SRES A1B відповідає сценарію RCP6.0 запропонованому у П'ятій Оціночній доповіді МГЕЗК [2,7]. Кліматичні прогнози, що відповідають сценаріям, прийнято називати «сценарними проєкціями», оскільки вони орієнтовані на певний сценарій впливу на кліматичну систему і тому являються його проєкцією. На відміну від прогнозів, що базуються на фактичних даних, сценарні прогнози є умовними, оскільки невідомо за яким сценарієм буде розвиватись людство.

Обчислення проєкцій зміни кліматичних характеристик та екстремальних погодних умов північно-чорноморського регіону України на період 2021-2050 рр. відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.) здійснювали за даними регіональної кліматичної моделі REMO, ініційованої розрахунком глобальної моделі ECHAM5. Ця модель має найменші абсолютні та середньоквадратичні похибки як для температури, так і для опадів в Україні і може використовуватись для аналізу та оцінки можливої зміни клімату в регіоні. Розрахункові дані отримані в рамках Європейського проекту FP-6 ENSEMBLES з роздільною здатністю 25 км [8]. Оцінку очікуваної зміни середніх та середніх екстремальних багаторічних значень кліматичних характеристик у 2021-2050 рр. щодо 1981-2010 рр. здійснювали за критерієм Стьюдента (t -критерій), який дозволяє виявити різницю середніх значень параметрів двох періодів. Для оцінки частки невизначеності зміни метеорологічної величини чи показника використовували критерії рекомендовані МГЕЗК [7].

3. АНАЛІЗ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Протягом останніх десятиріч в Україні відмічається тенденція до суттєвого збільшення кількості лісових пожеж та їх площі, що значною мірою зумовлено зміною клімату. Так за останні 30 років (1981-2010 рр.) річна кількість лісових пожеж в країні зросла у 2,6 рази. Північно-чорноморський регіон України належить до територій що є найбільш вразливими. Лише у 2007 р. у Херсонській області та АР Крим 95 % лісів були пройдені лісовими пожежами різної інтенсивності [9].

Аналіз зв'язку погодних умов та пожежонебезпечності лісів північно-чорноморського

регіону України, зокрема Херсонської області, підтвердив наявність безпосереднього впливу кліматичних факторів на кількість та площу лісових пожеж в регіоні (табл. 1, 2). Проведені дослідження показали, що вони значною мірою залежать від термічного режиму, режиму зволоження та вітру, при цьому вплив температури повітря є визначальним. Встановлено, що найбільше він позначається на площі пожеж і значно менше на їх кількості (табл. 1, 2).

Протягом 1996-2013 рр. у Херсонській області за рік спостерігалось у середньому біля 200 випадків лісових пожеж. Виявлено що їх кількість найбільше залежить від температури повітря у жовтні та вересні ($r = 0,60-0,45$): чим вищою є середня, мінімальна та максимальна температура повітря у цей період, тим більша кількість пожеж може виникнути в регіоні (табл. 1). При цьому, як свідчать дані регресійного аналізу, збільшення середньої за місяць температури повітря на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ зумовлює зростання річної кількості лісових пожеж майже на 20 %. Як видно із таблиці 1 на збільшення повторюваності лісових пожеж також суттєво впливає ($r = 0,4$) максимальна тривалість спекотного періоду, кількість днів без опадів, середня швидкість вітру та кількість днів з грозою. Чим більшого значення набувають ці фактори, тим більш ймовірним є переростання загорання підстилки у повноцінну лісову пожежу. Встановлено що збільшення на 10 днів кількості днів без дощу може привести до росту річної

кількості пожеж майже на 20 %. Їх кількість може також зрости на 13 % при збільшенні на 10 днів максимальної тривалості періоду з $T_{\text{макс}}$ за добу $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище та кількості днів з грозою, зростанні на 5 м/с максимальної за добу швидкості вітру.

Наявність достатньої кількості вологи в атмосфері, особливо влітку, сприяє зменшенню повторюваності лісових пожеж. Як видно із таблиці 1, чим більше опадів випадає влітку, особливо у липні, та й в цілому за рік та менший вологовміст має атмосфера, тим менша кількість пожеж відмічається у північно-чорноморському регіоні України. Для кількості опадів характерна велика неоднорідність і мінливість у часі. За рекомендацією Всесвітньої метеорологічної організації суттєвою вважається їх зміна на 20 % і більше. Як показав аналіз, зростання на 20 % кількості опадів за рік, зокрема протягом пожежонебезпечного періоду, може привести до зменшення кількості лісових пожеж в регіоні на 18 та 11 %, відповідно, а збільшення середньої за рік відносної вологості на 10 % може зумовити зменшення кількості пожеж майже на 40 % (табл. 1).

На відміну від кількості пожеж, їх площа на півночі Чорноморського регіону, як видно із таблиці 2, найбільше залежить від максимальної тривалості спекотного періоду, кількості днів зі спекою та атмосферною посухою ($r = 0,76-0,60$). У період 1996-2013 рр. середня за рік

Таблиця 1 – Залежність кількості лісових пожеж (y) за рік від метеорологічних умов(x) у Херсонській області

Метеорологічний параметр	Кореляція			Регресія
	$r(x,y)$	t	p	
середня температура жовтня	0,60	3,0	0,008	$y = 42,1x - 257$
максимальна температура жовтня	0,59	2,9	0,010	$y = 36,9x - 367$
мінімальна температура жовтня	0,55	2,7	0,017	$y = 39,1x - 67$
мінімальна температура вересня	0,58	2,8	0,012	$y = 45,5x - 354$
середня температура вересня	0,53	2,5	0,022	$y = 37,4x - 438$
максимальна температура вересня	0,45	2,0	0,061	$y = 24,9x - 355$
кількість днів без опадів	0,44	1,9	0,079	$y = 4,1x - 104,3$
макс. тривал. періоду з $^1T_{\text{макс}} \geq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,40	1,8	0,096	$y = 2,5x + 187$
число днів з грозою	0,40	1,8	0,096	$y = 2,5x + 100$
максимальна за добу швидкість вітру	0,39	1,7	0,113	$y = 5,1x + 142$
середня за рік температура	0,25	1,0	0,312	$y = 34,3x - 167$
середня за літо температура	0,23	0,9	0,367	$y = 21,9x - 293$
кількість опадів у липні	-0,40	-1,7	0,104	$y = -1,4x + 270$
кількість опадів за рік	-0,40	-1,8	0,098	$y = -0,4x + 397$
середня за рік відносна волога	-0,41	-1,8	0,092	$y = -7,9x + 709$
кількість опадів за літо	-0,47	-2,1	0,051	$y = -0,9x + 328$

$^1T_{\text{макс}}$ – максимальна за добу приземна температура повітря; $r(x,y)$ - коефіцієнт кореляції; t - коефіцієнт Стюдента; p – значимість коефіцієнту кореляції

Таблиця 2 – Залежність середньої за рік площі лісової пожежі (y) від метеорологічних умов (x) у Херсонській області

Метеорологічний параметр	Кореляція			Рівняння регресії
	$r(x,y)$	t	значимість, p	
максимальна тривалість періоду з $T_{\max} \geq 25$ °C	0,76	4,7	0,000	$y = 0,2x - 7,3$
кількість днів з $T_{\max} \geq 30$ °C	0,68	3,7	0,002	$y = 0,25x - 6,0$
кількість днів з $T_{\max} \geq 25$ °C	0,60	3,0	0,008	$y = 0,2x - 13,2$
середня за літо максимальна температура	0,61	3,1	0,007	$y = 2,5x - 67$
середня за літо температура	0,59	2,9	0,011	$y = 2,9x - 62$
середня за літо мінімальна температура	0,52	2,5	0,026	$y = 3,1x - 51$
середня температура жовтня	0,58	2,8	0,012	$y = 2,0x - 19$
мінімальна температура жовтня	0,55	2,7	0,017	$y = 2,0x - 10,7$
максимальна температура жовтня	0,55	2,6	0,018	$y = 1,7x - 23,7$
кількість днів з атмосферою посухою ($T_{\max} \geq 25$ °C і $U \leq 50$ %)	0,60	3,0	0,008	$y = 0,4x - 2,9$
середня за рік максимальна температура	0,55	2,6	0,019	$y = 3,4x - 50$
середня за рік температура	0,51	2,4	0,030	$y = 3,5x - 35$
середня за рік мінімальна температура	0,44	1,9	0,070	$y = 3,0x - 17$
середня за весну максимальна температура	0,50	2,3	0,034	$y = 2,6x - 37$
середня за весну температура	0,45	2,0	0,062	$y = 2,8x - 29$
кількість днів з туманом	-0,39	-1,7	0,109	$y = -0,24x + 12$
кількість опадів за літо	-0,41	-1,8	0,094	$y = -0,04x + 8,4$
кількість опадів у липні	-0,41	-1,8	0,088	$y = -0,07x + 6,4$
середня за рік відносна волога	-0,58	-2,9	0,011	$y = -0,6x + 39$

* T_{\max} – максимальна за добу приземна температура повітря, ** U – відносна вологість. $r(x,y)$ – коефіцієнт кореляції; t – коефіцієнт Стьюдента;

площа лісової пожежі на Херсонщині становила 3,1 га. Встановлено, що збільшення на 10 днів тривалості посухи та максимальної тривалості періоду з $T_{\max} \geq 25$ °C призводить до зростання середньої площі пожежі на 130 та 65 %, відповідно. Ріст на 10 днів кількості спекотних днів, коли максимальна за добу температура повітря перевищує 25 і 30 °C, може зумовити збільшення площі пожежі відповідно на 60 і 80 %.

Як видно із таблиці 2, на площу лісової пожежі також суттєво впливає середня, мінімальна та максимальна температура повітря літа, весни та в цілому за рік ($r = 0,61-0,45$). Так, ріст середньої за рік та літо температури повітря на 1 °C може зумовити збільшення середньої площі пожежі майже на 110 та 90 % відповідно. Як і кількість пожеж, їх площа у Херсонській області також залежить від температури повітря у жовтні, проте цей вплив дещо менший. Наявність достатньої кількості вологи в атмосфері сприяє також зменшенню середньої площі пожежі, яка суттєво залежить від величини відносної вологості, кількості опадів за літо (особливо у липні) та кількості днів з туманом. Встановлено, що збільшення на 20 % кількості опадів за рік та літо може зменшити середню площу пожежі на 32 та 20 % відповідно.

Протягом останніх десятиріч клімат у північно-чорноморському регіоні України суттєво змінюється. Аналіз зміни величини середньої за рік приземної температури повітря та її аномалії відносно кліматичної норми в Херсонській області у 1961-2013 рр. показав, що їх значення протягом вказаного періоду дуже ймовірно збільшувались 0,3 °C / 10 років (рис. 1, табл. 3). Середня за рік температура повітря в області у сучасний кліматичний період (1981-2013 рр.) суттєво підвищилась відносно кліматичної норми (1961-1990 рр.). Цей ріст не викликає сумнівів ($p = 0,002$), становить 0,8 °C і відповідає тим тенденціям, що спостерігались у цей період у середньому в Україні. Додатний тренд температури повітря в Херсонській області відмічається в усі сезони. Встановлено, що найбільший внесок у зміну річної температури в регіоні має літній сезон: практично не викликає сумнівів підвищення середньої за літо температури повітря на 1,3 °C у сучасний кліматичний період щодо кліматичної норми. При цьому найсуттєвіше підвищилась температура повітря у липні та серпні (1,5 та 1,4 °C відповідно).

Дуже ймовірне підвищення температури весною (0,9 °C) з максимумом у березні (1,3 °C) та ймовірне взимку і восени (0,7 та 0,5 °C, відповідно).

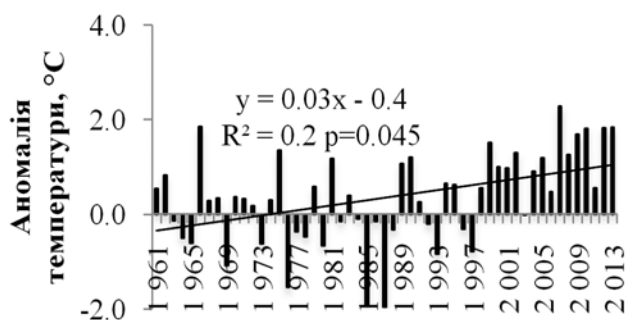


Рис. 1 – Зміна середньої за рік аномалії температури повітря у Херсонській області

Проте у листопаді та грудні зміна температури повітря на Херсонщині малоімовірна (рис. 1, табл. 3). Ріст середньої за рік та місяць приземної температури повітря у Херсонській області зумовлений збільшенням максимальної та мінімальної температури повітря впродовж усього року. Ці зміни практично не викликають сумнівів. За останні двадцять три роки середня за рік максимальна і мінімальна температура в регіоні виростили на 0,8 та 0,7 °C відносно кліматичної норми (рис. 2). До того ж найбільший їх ріст відмічається влітку – 1,4 та 1,2 °C, відповідно, з максимумом у липні (1,8 та 1,3 °C). Суттєво виростила максимальна температура на Херсонщині і весною – 0,8 °C, особливо у березні – 1,2 °C. На відміну від максимальної температури, для мінімальної характерне значне її підвищення взимку –0,8 °C. Несуттєво змінилась максимальна температура восени і мінімальна весною (0,3 та 0,4 °C, відповідно). Встановлено, що значне зростання максимальної і, особливо, мінімальної температури повітря у холодний період року зумовило зменшення кількості морозних днів ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) та дуже ймовірно збільшення кількості днів без морозу в холодний період (майже на тиждень за десять років).

Ймовірно зменшилась також кількість днів з мінімальною температурою нижче -10°C , проте зміна числа днів з температурою нижче -15°C – дуже малоімовірна (табл. 4).

Практично не викликає сумнівів, що підвищення температури повітря на Херсонщині зумовило також збільшення майже на тиждень тривалості теплої періоду, періоду вегетації морозостійких і, особливо, теплолюбивих культур, кількості літніх днів. Ріст максимальної температури, зумовив збільшення числа спекотних днів, коли максимальна температура повітря перевищувала 20, 25 і 30 °C. При цьому найінтенсивніший ріст, характерний для кількості днів з температурою вище 20 та 30 °C (біля 10 днів за 10 років).

Для цих градацій також характерний суттєвий

ріст середньої максимальної за місяць тривалості періоду з такою температурою та кількості таких періодів (табл. 4). Зміна кількості опадів, що випадають в регіоні за рік та сезон дуже малоімовірна. До того ж відмічено деяке їх збільшення восени, особливо у жовтні (майже на 20 %) та зменшення зимою, переважно у грудні та січні (рис. 2). Як показали попередні дослідження, ріст температури повітря у теплий період в Україні супроводжується ростом вологовмісту тропосфери. Такі зміни зумовили зростання конвективно доступної потенційної енергії атмосфери, швидкості висхідних потоків, підвищення рівня конденсації та рівня конвекції і привели до збільшення нестійкості атмосфери та інтенсивності конвекції [1].

Внаслідок таких змін у Херсонській області зросла повторюваність та інтенсивність конвективних явищ погоди, зливової складової опадів. Практично не викликає сумнівів збільшення числа днів з грозою та зливою, хоча кількість днів з градом та шквалом не змінилась протягом останніх трьох десятиріч (рис. 3). Підвищення температури повітря, що супроводжується зменшенням відносної вологості біля земної поверхні, та нерівномірний розподіл опадів, які мають зливовий, локальний характер у теплий період і не забезпечують ефективне накопичення вологи в ґрунті, зумовило збільшення кількості та інтенсивності посушливих явищ і зростання пожежної небезпеки в регіоні (рис. 2, 3). Практично не викликає сумнівів збільшення числа днів з атмосферною посухою на Херсонщині протягом останніх десятиріч (рис. 2). В свою чергу, зростання зливової складової опадів, які є дуже локальними, привели до того, що згідно наявних статистичних даних, в різних частинах регіону одночасно можуть спостерігатися сильні зливи і лісові пожежі. За таких умов, при недостатній кількості метеорологічних станцій неможливо правильно оцінити і спрогнозувати ступінь пожежної небезпеки з використанням прийнятої в Україні методології оцінки і прогнозу природної пожежної небезпеки за метеорологічними умовами.

Як показали дослідження, не для всіх явищ погоди у північно-чорноморському регіоні України характерна тенденція до зростання їх повторюваності та інтенсивності. Так, практично не викликає сумнівів зменшення як середньої, так і максимальної швидкості вітру протягом усього року, що зумовило зменшення кількості явищ погоди пов'язаних з вітром, зокрема хуртовин. Зменшилось також число днів з туманом. Кількість днів з рососою на Херсонщині за останні десятиріччя не змінилась (рис. 3).

Таблиця 3 – Оцінка зміни середніх за місяць, сезон, рік значень приземної температури повітря у 1961-1990, 1991-2013 рр.

Місяць, сезон, рік	Середня температура, °С		Зміна T, °С	Значи- мість, p	Ймовірнісна оцінка зміни
	1961-1990	1991-2013			
січень	-2,7	-1,4	1,4	0,097	дуже ймовірно
лютий	-1,8	-1,0	0,8	0,361	приблизно так само ймовірно, як і ні
березень	2,3	3,5	1,2	0,058	дуже ймовірно
квітень	9,7	10,2	0,5	0,284	ймовірно
травень	16,0	16,6	0,6	0,183	ймовірно
червень	20,2	21,1	0,9	0,026	дуже ймовірно
липень	22,4	23,9	1,5	0,000	практично не викликає сумнівів
серпень	21,7	23,1	1,4	0,000	практично не викликає сумнівів
вересень	16,8	17,3	0,4	0,261	ймовірно
жовтень	10,3	11,1	0,9	0,058	дуже ймовірно
листопад	4,8	5,0	0,1	0,832	малоймовірно
грудень	19,6	20,2	0,6	0,731	малоймовірно
зима	5,0	5,9	0,9	0,190	ймовірно
весна	9,3	10,1	0,8	0,034	дуже ймовірно
літо	21,4	22,7	1,3	0,000	практично не викликає сумнівів
осінь	10,6	11,1	0,5	0,133	ймовірно
рік	10,0	10,8	0,8	0,002	практично не викликає сумнівів

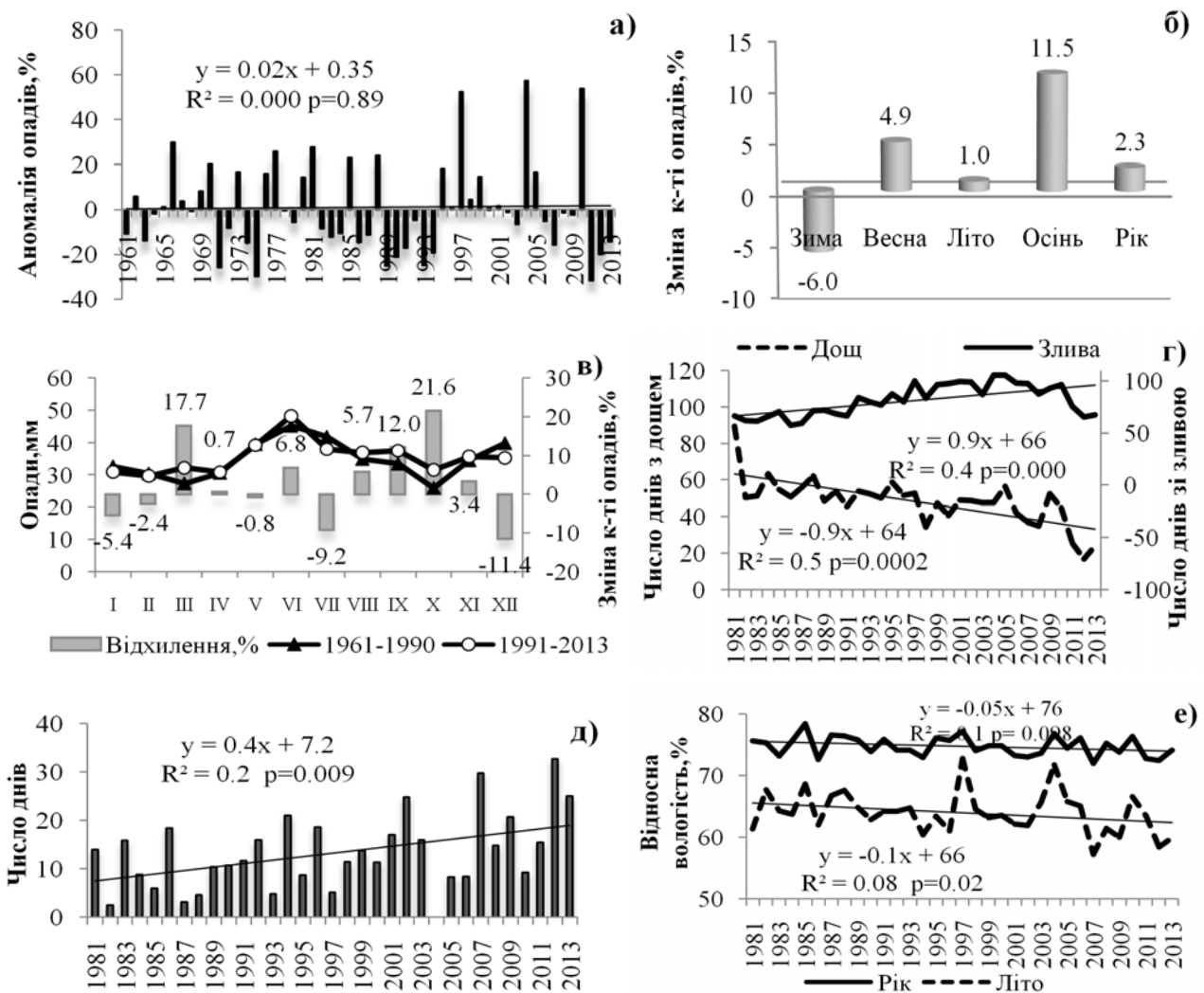


Рис. 2 – Зміна режиму зволоження у Херсонській області: аномалії кількості опадів за рік(а); сезон (б); місяць (в); кількості днів з дощем та зливою (г); атмосферною посухою (д); середньої за добу відносної вологості (е)

Таблиця 4 – Зміна тривалості теплового, літнього, вегетативного періодів та екстремальних погодних умов, пов’язаних з температурою повітря у Херсонській області (1981-2013 рр.)

Параметр	Рівняння тренду	R^2	Значимість, p	Ймовірнісна оцінка зміни
тривалість теплового періоду, $T_{сер} > 0$	$y = 0,8x + 290$	0,169	0,019	дуже ймовірно
тривалість періоду вегетації холоднлюбивих культур, $T_{сер} \geq 5 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,9x + 225$	0,241	0,004	практично не викликає сумнівів
тривалість періоду вегетації холоднлюбивих культур, $T_{сер} \geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,7x + 175$	0,269	0,002	практично не викликає сумнівів
тривалість літнього періоду, $T_{сер} \geq 15 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,5x + 129$	0,093	0,084	дуже ймовірно
сумарна тривалість спекотного періоду з $T_{макс} \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 1,1x + 62,83$	0,395	0,000	практично не викликає сумнівів
сумарна тривалість спекотного періоду з $T_{макс} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,9x + 72,9$	0,301	0,001	практично не викликає сумнівів
макс. тривалість періоду з $T_{макс} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,3x + 3,2$	0,300	0,009	практично не викликає сумнівів
кількість періодів з $T_{макс} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,14x + 2,6$	0,260	0,003	практично не викликає сумнівів
сумарна тривалість спекотного періоду з $T_{макс} \geq 30 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,9x + 16$	0,354	0,000	практично не викликає сумнівів
сумарна тривалість морозного періоду з $T_{мін} \leq -10 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = -0,26x + 18,5$	0,054	0,190	ймовірно
сумарна тривалість морозного періоду з $T_{мін} \leq -15 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,006x + 0,9$	0,001	0,862	малоймовірно
сумарна тривалість морозного періоду $T_{мін} < 0 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = -0,8x + 102,0$	0,2	0,016	дуже ймовірно
тривалість безморозного періоду в холодне півріччя, $T_{мін} \geq 0 \text{ }^\circ\text{C}$	$y = 0,54x + 144,2$	0,1	0,094	дуже ймовірно

* $T_{макс}$, ** $T_{сер}$, *** $T_{мін}$ – максимальна, середня та мінімальна за добу приземна температура повітря

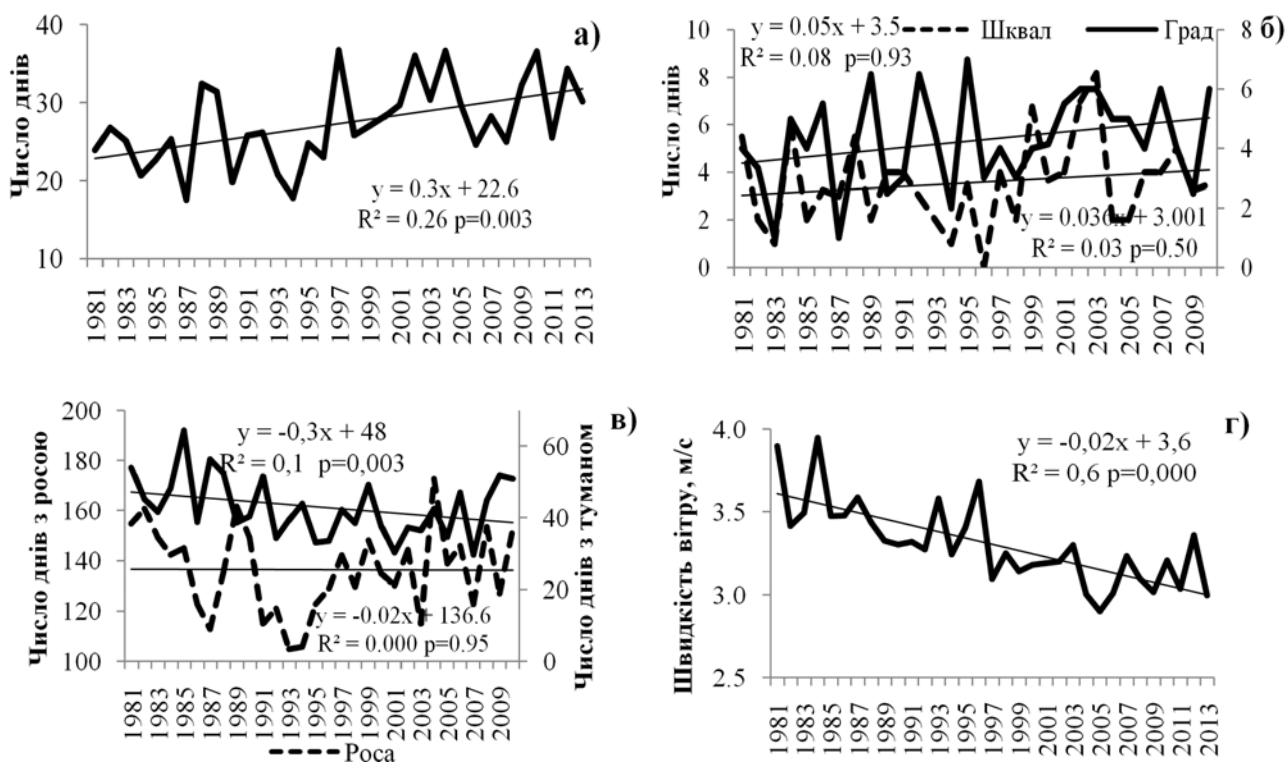


Рис. 3– Зміна повторюваності та інтенсивності атмосферних явищ погоди: кількість днів з грозою (а); градом та шквалом (б); росою та туманом (в); середня за добу швидкість вітру(г)

Проекції зміни кліматичних умов північно-чорноморського регіону України до середини XXI ст.

Проведена оцінка можливої зміни клімату до середини XXI ст. на півночі Чорноморського регіону України показала, що при сценарію SRES A1B у Херсонській області можна очікувати подальше підвищення температури повітря. Практично не викликає сумнівів, що середня, максимальна та мінімальна за рік та сезон приземна температура в регіоні збільшиться порівняно з 1981-2010 рр. Найбільший ріст можливий взимку та восени. При цьому ріст мінімальної температури взимку буде більшим ніж максимальної (1,4 та 1,1 °С, відповідно). Найбільш суттєво може підвищитись екстремальна температура у лютому (мінімальна на 2,1 °С, а максимальна на 1,7 °С). Середня за місяць екстремальна температура повітря восени може вирости на 1,3 °С, влітку – на 0,9 - 1,0 °С, а весною – на 0,6 - 0,7 °С. Найбільші зміни (1,9 та 1,7 °С) можна очікувати у жовтні. Ймовірно до середини XXI ст. збільшиться мінімальна температура і в грудні (на 1,1 °С), хоча протягом останніх двох десятиріч вона не змінювалась, а в деяких районах області відмічалась тенденція до її зниження (табл. 5). Проведений аналіз залежності кількості випадків та площі лісових пожеж від метеорологічних умов у Херсонській області та їх можливих змін до середини XXI ст. показав, що підвищення середньої за рік та за літо температури повітря на 1 °С може зумовити збільшення середньої за рік площі пожежі

майже на 110 % та 95 %, відповідно, до того ж їх кількість може зрости на 20 і 10 % при умові збереження поточної динаміки джерел вогню в регіоні. Як зазначалось вище, на кількість лісових пожеж у регіоні суттєво впливає і температура повітря у жовтні. Очікуване підвищення середньої температури жовтня на 1,9 °С може привести до зростання кількості лісових пожеж майже на 40 %, а їх середня площа може збільшитись в 1,3 рази.

Суттєве підвищення мінімальної і максимальної температури повітря у Херсонській області може привести до значного (майже на два тижні), зменшення числа днів з морозом у холодний період. Практично не викликає сумнівів той факт, що сильних морозів з температурою повітря нижче - 10 °С у середині XXI ст. буде на тиждень менше. Ймовірно зменшиться і кількість днів з морозом - 20 °С та нижче, проте кількість днів з сильними морозами зміниться несуттєво. Періоди з екстремально-холодною температурою відмічатимуться і в середині XXI ст., але їхні негативні наслідки можуть бути більш значними, оскільки хвилі холоду спостерігатимуться на фоні більш високої температури (табл. 6). Такі короткочасні вторгнення холодного повітря можуть завдати значної шкоди лісовим масивам області, оскільки за наявності високої температури повітря, їх вегетативний період у цей час ще продовжуватиметься. Пошкоджені сильним морозом дерева і кущі будуть вразливі до шкідників та інших несприятливих погодних умов і, зрештою, загинуть,

Таблиця 5 – Середні багаторічні значення середньої, мінімальної та максимальної приземної температури повітря за місяць, сезон, рік у 1981-2010 рр. та проекції їх зміни, значимість цих змін (p^*) та можливі значення у 2021-2050 рр.

Місяць, сезон, рік	Середня температура			Мінімальна температура			Максимальна температура					
	1981-2010	відхилення		2021-2050	1981-2010	відхилення		2021-2050	1981-2010	відхилення		2021-2050
		°С	p^*			°С	p^*			°С	p^*	
січень	-1,4	1,2	0,030	-0,2	-4,0	1,2	0,035	-2,8	1,5	1,2	0,027	2,7
лютий	-1,2	1,4	0,028	0,2	-4,1	1,4	0,028	-2,7	2,2	1,3	0,038	3,6
березень	3,1	1,1	0,005	4,2	-0,2	1,1	0,005	0,8	7,2	1,0	0,013	8,3
квітень	9,9	0,6	0,009	10,5	5,3	0,8	0,009	6,1	15,0	0,5	0,077	15,5
травень	16,1	0,8	0,005	16,9	10,8	0,7	0,000	11,5	21,7	0,9	0,016	22,6
червень	20,6	1,0	0,000	21,6	15,4	1,1	0,001	16,5	26,1	1,0	0,011	27,1
липень	23,3	0,9	0,016	24,1	17,7	0,9	0,001	18,6	29,0	0,8	0,085	29,8
серпень	22,6	1,2	0,006	23,9	16,9	1,3	0,000	18,2	28,5	1,2	0,021	29,7
вересень	17,1	1,4	0,001	18,5	12,1	1,5	0,000	13,6	22,6	1,3	0,007	23,9
жовтень	10,8	1,9	0,000	12,8	6,7	2,0	0,014	8,7	15,6	2,0	0,000	17,5
листопад	4,5	1,1	0,013	5,6	1,6	1,0	0,006	2,6	7,9	1,1	0,014	9,0
грудень	0,2	1,7	0,003	1,9	-2,3	1,6	0,001	-0,7	2,9	1,7	0,003	4,7
зима	-0,8	1,4	0,001	0,6	-3,4	1,3	0,000	-2,1	2,2	1,4	0,001	3,6
весна	9,7	0,8	0,000	10,5	5,3	0,8	0,000	6,2	14,6	0,8	0,001	15,4
літо	22,2	1,0	0,000	23,2	16,7	1,1	0,000	17,8	27,9	1,0	0,006	28,9
осінь	10,8	1,5	0,000	12,3	6,8	1,5	0,000	8,3	15,3	1,5	0,000	16,8
рік	10,5	1,0	0,000	11,5	6,3	1,0	0,035	7,4	15,0	1,0	0,000	16,0

створивши сприятливі умови для виникнення і поширення пожеж.

Практично не викликає сумнівів, що на півночі Чорноморського регіону України до середини ХХІ ст. може збільшитись тривалість теплового періоду. Порівняно з сучасним кліматичним періодом він може стати довшим майже на 10 днів. Також практично не викликає сумнівів збільшення тривалості літа (+14,2 дні), тривалості періоду вегетації морозостійких і теплолюбивих культур (+18,9 та +15,4 дні, відповідно). Майже на два тижні в області може вирости і число днів з максимальною температурою повітря вище 20 та 25 °С. Найбільші зміни очікуються у серпні та червні (табл. 6).

Ймовірно, що кількість опадів за рік у Херсонській області збільшиться до середини ХХІ ст, порівняно з 1981-2010 рр. При цьому дуже ймовірно зросте сума опадів за зиму і малоімовірний ріст їх кількості восени. Весною та літом збільшення кількості опадів приблизно так само ймовірно як і ні. До середини ХХІ ст. на Херсонщині можливий суттєвий перерозподіл опадів між місяцями: практично не викликає сумнівів збільшення їх кількості у грудні (51 %) та ймовірно – у квітні, вересні і червні (19,3, 16,5 та 15,9 %, відповідно). Зменшення кількості опадів ймовірно у жовтні (біля 15 %) та малоімовірно у серпні (-7 %). В інші місяці кількість опадів зміниться несуттєво (табл. 6, рис. 4).

Таблиця 6 – Проекція зміни тривалості теплового, літнього, вегетативного періодів та екстремальних погодних умов, пов'язаних з температурою повітря

Параметр	Зміна, число днів	Значимість, <i>p</i>	Ймовірнісна оцінка зміни
тривалість теплового періоду, $T_{cp} \geq 0 \text{ }^\circ\text{C}$	10,1	0,001	практично не викликає сумнівів
тривалість вегетативного періоду, $T_{cp} \geq 5 \text{ }^\circ\text{C}$	18,9	0,000	практично не викликає сумнівів
тривалість періоду активної вегетації, $T_{cp} \geq 10 \text{ }^\circ\text{C}$	15,4	0,000	практично не викликає сумнівів
тривалість літнього періоду, $T_{cp} \geq 15 \text{ }^\circ\text{C}$	14,2	0,000	практично не викликає сумнівів
сумарна тривалість спекотного періоду з $T_{макс} \geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$	13,1	0,000	практично не викликає сумнівів
сумарна тривалість спекотного періоду з $T_{макс} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	12,6	0,003	практично не викликає сумнівів
кількість днів з морозом у холодний період $T_{мін} < 0 \text{ }^\circ\text{C}$	6,8	0,005	практично не викликає сумнівів
сумарна тривалість морозного періоду з $T_{мін} \leq -10 \text{ }^\circ\text{C}$	1,0	0,009	практично не викликає сумнівів

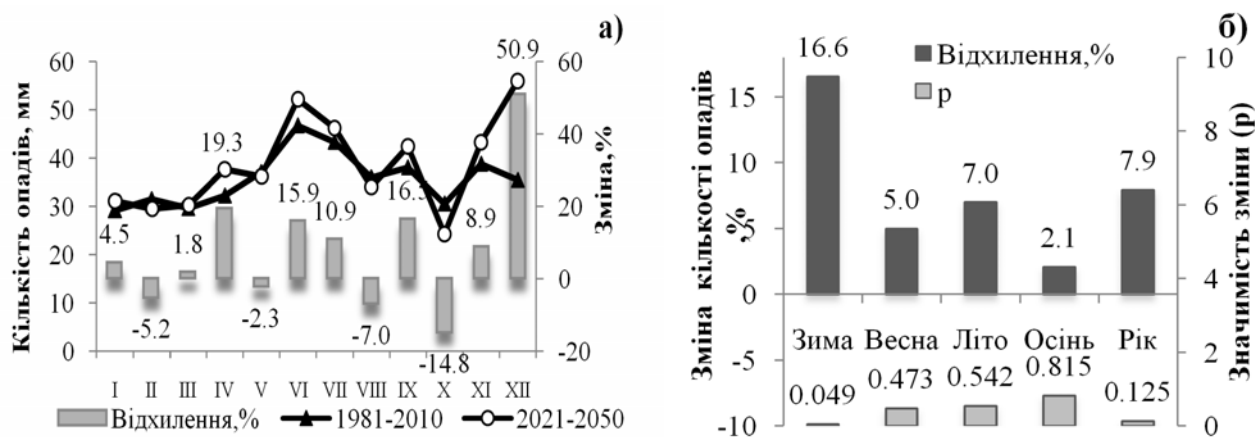


Рис. 4 – Проекції зміни суми опадів у 2021-2050 рр відносно 1981-2010 рр. та значимість цих змін (*p*) : за місяць (а); сезон та рік (б).

Таблиця 7 – Проекції зміни характеристик режиму зволоження та вітру за місяць, сезон, рік у 2021-2050 рр відносно 1981-2010 рр. та значимість цих змін (*p*)

Місяць, сезон, рік	Кількість опадів за місяць		Кількість днів з опадами ≥ 15 мм/добу		Кількість днів з опадами ≤ 3мм/добу		Макс трив.періоду з опадами ≤ 3 мм/добу		Максимальна за добу швидкість вітру	
	зміна		зміна		зміна		зміна		зміна	
	%	<i>p</i>	%	<i>p</i>	%	<i>p</i>	%	<i>p</i>	%	<i>p</i>
січень	4,5	0,705	-0,3	0,627	-1,0	0,049	14,3	0,502	-3,5	0,361
лютий	-5,2	0,608	-41,4	0,165	1,5	0,394	4,9	0,639	-1,0	0,772
березень	1,8	0,880	52,7	0,466	-0,1	0,982	0,7	0,949	-0,4	0,914
квітень	19,3	0,170	230,7	0,013	-1,4	0,432	-4,1	0,702	0,8	0,804
травень	-2,3	0,840	17,5	0,768	0,6	0,783	12,5	0,270	-1,6	0,559
червень	15,9	0,330	90,3	0,116	-0,6	0,889	-12,9	0,318	-4,0	0,098
липень	10,9	0,622	9,2	0,655	-1,2	0,387	28,2	0,094	-1,8	0,439
серпень	-7,0	0,742	-9,9	0,738	0,8	0,681	-18,6	0,168	2,6	0,281
вересень	16,5	0,387	8,4	0,854	-2,3	0,110	15,2	0,268	2,2	0,419
жовтень	-14,8	0,312	-18,0	0,439	2,5	0,185	-1,8	0,893	-8,7	0,005
листопад	8,9	0,536	32,8	0,465	-1,1	0,784	14,0	0,288	5,7	0,128
грудень	50,9	0,001	283,8	0,013	-7,8	0,001	-11,8	0,311	6,3	0,104
зима	16,6	0,049	46,0	0,269	-2,6	0,048	1,8	0,775	0,5	0,816
весна	5,0	0,473	64,0	0,042	-0,3	0,787	2,5	0,690	-0,4	0,823
літо	7,0	0,542	24,1	0,349	-0,3	0,931	-3,8	0,641	-1,1	0,435
осінь	2,1	0,815	6,6	0,869	-0,3	0,909	8,4	0,335	-0,3	0,871
рік	7,9	0,125	28,4	0,078	-0,8	0,280	2,3	0,443	-2,2	0,770

До середини XXI століття у Херсонській області можна очікувати збільшення інтенсивності опадів – число днів з сильними опадами 15 мм за добу і більше дуже ймовірно зросте майже на 30%. Кількість днів без опадів та з незначною кількістю опадів (≤3 мм за добу) до середини XXI століття на Херсонщині дуже ймовірно зменшиться, переважно за рахунок зимових місяців, проте максимальна тривалість бездощового періоду зросте. Дуже ймовірно збільшення максимальної тривалості бездощового періоду у липні, ймовірно у травні, вересні та жовтні. До того ж можна очікувати що у серпні, квітні та грудні він, ймовірно, зменшиться (табл. 7).

Зміна максимальної за добу швидкості вітру протягом року та сезону малоімовірна до середини XXI ст. При цьому практично не викликає сумнівів зменшення швидкості вітру у жовтні та дуже ймовірно у червні. Посилення максимальної за добу швидкості вітру ймовірно у листопаді, грудні та серпні. В інші місяці зміна швидкості вітру на Херсонщині буде несуттєвою (табл. 7).

4. ВИСНОВКИ

Протягом останніх десятиріч у Херсонській області суттєво змінився стан кліматичної системи: термічний режим, режим зволоження, вітру, повторюваність екстремальних і небезпечних явищ

погоди. До середини XXI ст. при збалансованому розвитку суспільства (сценарій A1B) в області можна очікувати подальше підвищення як середньої, так і максимальної та мінімальної температури протягом усього року, при цьому найбільші зміни можливі зимою та восени. Значний ріст температури повітря у перехідні сезони може зумовити збільшення тривалості теплового періоду та літнього сезону. Суттєво може збільшитись тривалість періоду вегетації морозостійких та теплолюбивих культур. Цей ріст буде відбуватись в основному за рахунок продовження періоду активної вегетації восени, хоча розвиток рослин може починатись також раніше. Суттєве підвищення як мінімальної так і максимальної температури у теплий період може привести до збільшення інтенсивності конвективних процесів і як наслідок до зростання кількості та інтенсивності гроз. У Херсонській області також можна очікувати збільшення числа спекотних днів з температурою більше 20 та 25 °C та тривалості спекотного періоду. Оскільки ці процеси супроводжуватимуться ростом тривалості бездощового періоду, то такі зміни суттєво вплинуть на зростання пожежної небезпеки – кількість пожеж та їх площа до середини XXI ст на Херсонщині може суттєво збільшитись.

Перспектива подальшого дослідження полягає в оцінці ризиків природної пожежної небезпеки усіх

регіонів України щодо зміни клімату при різних кліматичних сценаріях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Изменение климата, 2007г.:Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / под ред. Пачаури Р. К., Райзингер А. и др. Швейцария: МГЭИК, 2007. 104 с.
2. Леса и изменение климата в Восточной Европе и Центральной Азии / под ред. проф. Чаба Матиаша. Рим, 2010. 209 с.
3. Мохов И. И., Чернокульский А. В., Школьник И. М. Региональные модельные оценки пожароопасности при глобальных изменениях климата // Доклады Академии Наук, 2006, Т. 411А, № 6, С. 1-5.
4. Пятое национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата подготовленное на выполнение статей 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола. Киев, 2009. 367 с. URL: http://unfccc.int/resource/docs/natc/ukr_nc5.pdf
5. Ходаков В. Е., Жарикова М. В. Лесные пожары: методы исследования. Херсон: Гринь Д.С., 2011. 470 с.
6. Шестое национальное сообщение Украины по вопросам изменения климата подготовленное на выполнение статей 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола. Киев, 2012. 342 с. URL: http://unfccc.int/files/national_reports
7. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5: Approved Summary for Policymakers*. URL: <http://www.climate2013.org/spm>.
8. *ENSEMBLES Final Report: Ensembles data archives*. URL: <http://ensembles-eu.metoffice.com>
9. Zibtsev S. Ukraine forest fire report 2010. *International Forest Fire News (IFFN)*, 2010, no. 40, pp. 61–75.

REFERENCES

1. Pachauri R. K., Rayzinger A., etc. (Eds). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Switzerland: IPCC, 2007. 104 p. (In Russian)
2. Chaba Matiasha (Ed.). *Lesy i izmenenie klimata v Vostochnoy Evrope i Tsentral'noy Azii* [Forest and Climate Change in Eastern Europe and Central Asia]. Rim, 2010. 209 p.
3. Mokhov I. I., Chernokul'skiy A. V., Shkol'nik I. M. Regional model assessments of fire risk at the global climate. *Doklady Akademii Nauk – Acad. of Science Reports*, 2006, vol. 411A, no. 6, pp. 1-5. (In Russian)
4. *Ukraine's Fifth National Communication on Climate Change prepared for execution of articles 4 and 12 of the UN Framework Convention on Climate Change and Article 7 of the Kyoto Protocol*. Kiev, 2009. 367 p. (In Russian). URL: http://unfccc.int/resource/docs/natc/ukr_nc5.pdf
5. Hodakov V. E., Zharikova M. V. *Lesnye pozhary: metody issledovaniya* [Kherson National Technical University]. Kherson: Grin' D.S., 2011. 470 p.
6. *Ukraine's Sixth National Communication on Climate Change prepared for execution of articles 4 and 12 of the UN Framework Convention on Climate Change and Article 7 of the Kyoto Protocol*. Kiev, 2012. 342 p. (In Russian). URL: http://unfccc.int/files/national_reports
7. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5: Approved Summary for Policymakers*. URL: <http://www.climate2013.org/spm>.
8. *ENSEMBLES Final Report: Ensembles data archives*. URL: <http://ensembles-eu.metoffice.com>
9. Zibtsev S. Ukraine forest fire report 2010. *International Forest Fire News (IFFN)*, 2010, no. 40, pp. 61–75.

IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON QUANTITY AND AREA OF FOREST FIRES IN THE NORTHERN PART OF THE BLACK SEA REGION OF UKRAINE

V. O. Balabukh¹, Cand. Sci.

S. V. Zibtsev², Prof., Head of Regional Eastern European Fire Monitoring Center

¹Ukrainian Hydrometeorological Institute, Prospekt Nauky 37, 03028 Kyiv, Ukraine, Balabukh@uhmi.org.ua

²National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, General Rodimtsev str., 19, 03041, Kyiv, Ukraine,

The aim of this study consists in assessment of impact of change of thermal regime, air moisture and weather phenomena on quantity and area of forest fires in the northern part of the Black Sea Region of Ukraine, their possible changes and consequences by the middle of XXI century with regard to modern climatic period for SRESA1B scenario and setting of some proportion of uncertainty of these changes.

The study of regional peculiarities of climate change was performed on the basis of daily meteorological observations over the period of 1961-2013 in the context of Kherson region. To assess impact of weather conditions on fire safety data on number of forest fires and their area in the region over 1996-2013 (about 4 000 cases of fire) were used. The study was carried out using regression and correlation analysis. Calculation projections of climate characteristics' change resulting in forest fires was performed for the period of 2021-2050 with relation to modern climatic period (1981-2010) using the data of regional climate model REMO with resolution of 25 km initiated by ECHAM5 global model calculation.

It was found that number and area of forest fires in the northern part of the Black Sea Region

of Ukraine is largely dependent on thermal regime, moisture and wind regime. Influence of temperature appears to be decisive and affects area of fires rather than their number. For example, increase of annual / summer average air temperature by 1°C can lead to increase of average area of fire almost by 110% and 90% respectively and increase of number of days with atmospheric drought and heat (maximum temperature above 30°C) by 10 days can cause increase of average area of fires by 130% and 80%. At the same time air temperature in September and October has a significant impact on number of fires: increase of monthly average air temperature by 1°C can lead to increase of number of fires by 20%.

Climate change analysis conducted in Kherson oblast resulted in finding that over the recent decades the region faced a significant change of thermal regime, moisture and wind regime, recurrence of weather phenomena affecting number and area of forest fires. These changes led to increase of fire risks in the region. Evaluation of possible changes of these characteristics by the middle of the XXI century showed that the under SRES A1B scenario the region might expect further increase of temperature throughout the year, growth of number of hot days and duration of sultry period. Since these processes are accompanied by increase of duration of dry period these changes will significantly affect fire risk increase – number of forest fires and their area by the middle of the XXI century in Kherson region may significantly grow.

Obtained results can be used to develop plans for adaptation to climate change.

Key words: climate change, forest fires, northern part of the Black Sea Region

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА КОЛИЧЕСТВО И ПЛОЩАДЬ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В СЕВЕРО-ЧОРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ УКРАИНЫ

В. А. Балабух¹, канд. геогр. наук, ст. науч. сотр.,
зав. отделом синоптической метеорологии

С. В. Зибцев², д-р с.-г. наук, проф.,
дир. Регион. Восточноевропейского центра мониторинга пожаров

¹ *Український гідрометеорологічний інститут ГСЧС і НАН України,
пр. Наук, 37, 03028, Київ, Україна, Balabukh@uhmi.org.ua*

² *Національний університет біоресурсів і природопольовання України,
ул. Генерала Родимцева, 19, 03041, Київ, Україна*

Исследовано влияние климатических факторов на количество и площадь лесных пожаров на севере черноморского региона Украины, на примере Херсонской области. Установлена зависимость количества и площади лесных пожаров от показателей термического режима, режима увлажнения и ветра, при этом доказано что влияние температуры воздуха является определяющим. Исследования показали что это влияние наиболее распространяется на площадь пожаров и менее на их количество. Приведена оценка изменения этих климатических факторов в период с 1961 по 2010 гг., их значимости и достоверности, влияния этих изменений на количество и площадь лесных пожаров в регионе. Определены возможные изменения климатических характеристик и экстремальных погодных условий в Херсонской области к 2021-2050 гг. относительно современного климатического периода (1981-2010 гг.) для сценария SRES A1B и их влияние на лесные пожары.

Ключевые слова: изменения климата; лесные пожары; северо-черноморский регион

Дата першого подання: 03. 10. 2016

Дата надходження остаточної версії: 11. 11. 2016

Дата публікації статті: 24. 11. 2016