

- regioniv Ėvropi : materiali MiĖnarodnoi naukovo-praktiĖnoi konferencii (8-10 veresni, 2010 r., m. UĖgorod). – UĖgorod, 2010. – S. 163-168.
19. Stojko S. M. Vpliv global'nogo poteplinnâ ta zmini klimatu na sukcesii lisovih formacij Karpat / S. M. Stojko // LisivniĖa akademiâ nauk Ukraïni : biuletën' # 3. – L'viv : NLTU Ukraïni, 2011. – S. 76.
 20. Ėkovlêv Ė. O. Ekologo-geologiĖni faktori vplivu rujnivnih povenej ta pavodkiv v Ukraïni / Ė. O. Ėkovlêv // Vpliv rujnivnih povenej, pavodkiv, nebezpeĖnih geologiĖnih procesiv na funkcionuvannâ inĖenernih mereĖ ta bezpeku Ėittêdiâl'nosti : materiali Pâtoï naukovo-praktiĖnoi konferencii (23-27 lûtogo 2009 r., m. ĖremĖe). – K. : NPC «EKOLOGIĖ NAUKA TEHNĖKA», 2009. – S. 15-17. Climate, agriculture and food security: A strategy for change. – Alliance of the CGIAR Centers, 2009. – 45 p.
 21. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. – Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
 22. <http://www.rfbr.ru>
 23. <http://news.battery.ru>
 24. <http://www.obozrevatel.com>

Резюме:

Николай Приходько. ПРИЧИНЫ, ПОСЛЕДСТВИЯ И ПУТИ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА.

В статье проанализированы тенденции изменения климата, причины и следствия, а также отрасли экономики, которых коснутся климатические изменения. Изменение климата рассматривается как процесс изменения метеорологических элементов, отклонения их параметров от стандартной климатической нормы. Климатические изменения обусловлены как природными, так и антропогенными факторами. Общим эффектом деятельности человека относительно изменения климата является глобальное потепление как следствие увеличения концентрации парниковых газов в атмосфере.

За период 1991- 2010 гг. средние месячные температуры воздуха на территории Украины возросли по сравнению с климатической нормой (1961-1990 гг.) на 0,4-1,0°C. Среднегодовое количество осадков в Карпатском регионе увеличилось от 3 до 93 мм. При этом, из последних 24 лет (1990-2013 гг.) 8-16 лет количество атмосферных осадков было ниже нормы. Отрицательными последствиями изменения климата на территории Украины будут: повышение вероятности засух, формирование паводков и ураганов, дефицит воды. Исследование причин и последствий климатических изменений позволяют прогнозировать изменение климата, управлять обусловленными этими изменениями рисками и адаптироваться к ним. Обоснованы пути противодействия, адаптации и предупреждения негативных последствий изменения климата.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, атмосферные осадки, парниковые газы.

Summary:

Mykola Prykhodko. CAUSES, EFFECTS AND WAYS TO COMBAT CLIMATE CHANGE.

The paper analyzes the trends of climate change, cause and effect, as well as sectors of the economy, which will affect climate change. Climate change is seen as a process of changes in meteorological elements, their deviation from the standard parameters of the norm. Climate change due to both natural and anthropogenic factors. The overall effect of human activity on climate change is global warming as a result of increasing concentrations of greenhouse gases in the atmosphere.

During the period 1991-2010 years. average monthly air temperature in Ukraine increased in comparison with the climate norm (1961-1990) at 0,4-1,0°C. Mean annual rainfall in the Carpathian region has increased from 3 to 93 mm. In this case, the last 24 years (1990-2013) 8-16 years rainfall has been below normal. Adverse effects of climate change on the territory of Ukraine are: to increase the probability of droughts, floods and hurricanes forming, water scarcity. Research into the causes and consequences of climate change can be predictive of climate change, manage risks arising from these changes and adapt to them. The ways of countering, adaptation and prevention of negative impacts of climate change.

Keywords: climate, air temperature, precipitation, greenhouse gases.

Рецензент: проф. Сивий М.Я.

Надійшла 14.05.2014р.

УДК 551.58.001.57;551.58.001.18+551.509.3

Віра БАЛАБУХ

РЕГІОНАЛЬНІ ПРОЯВИ ГЛОБАЛЬНОЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ В ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ ТА МОЖЛИВІ ЇХ ЗМІНИ ДО СЕРЕДИНИ ХХІ СТ.

У статті висвітлено головні прояви регіональних кліматичних змін в Тернопільській області у сучасний період на тлі глобальних процесів зміни клімату. Встановлено регіональні особливості зміни термічного режиму, режиму зволоження та екстремальних явищ погоди у період з 1961 по 2010 рр., проведено їх аналіз, визначено значущість, достовірність та частку невизначеності виявлених змін. Побудовано проєкції зміни кліматичних характеристик та екстремальних погодних умов у Тернопільській області в 2021-2050 рр. відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010рр.) та проведено оцінку значимості та ймовірності очікуваних змін. Розрахунки здійснено для збалансованого сценарію розвитку суспільства SRES A1B.

Ключові слова: регіональні зміни клімату; стихійні явища погоди; екстремальні умови погоди; проєкції

Постановка проблеми у загальному вигляді. Проблема зміни клімату є однією з найбільш важливих проблем сучасності. Це зумовлено тим, що зміни кліматичних умов суттєво впливають не лише на економіку, екологію країн, а й на їх соціальне та політичне життя. Потепління кліматичної системи не викликає сумнівів. Це засвідчила Міжурядова група експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) у звіті Першої робочої групи П'ятого оціночного звіту [22]. За даними експертів, останні 30 років у Північній півкулі були, ймовірно, найтеплішими за 1400 років, при цьому, багато із зареєстрованих змін кліматичної системи є нетиповими або безпрецедентними за останні десятиріччя чи навіть тисячоліття. Зміна температури повітря свідчить про суттєву зміну термічного режиму і всієї кліматичної системи. Наслідки цих змін мають переважно негативний характер і будуть посилюватись у майбутньому [11, 15, 18, 21, 22].

Україна має різноманітні фізико-географічні та кліматичні умови. У регіонах країни зміни клімату проявляються по-різному, мають різну швидкість, масштаб та, іноді, навіть протилежний напрямок. Тому необхідно вивчати регіональні особливості їх прояву і з урахуванням природних та соціально-економічних особливостей регіонів, розробляти конкретні адаптаційні стратегії, які дозволили б пом'якшити негативні наслідки кліматичних змін та ефективно використати нові можливості, що відкриваються. Спільне врахування регіональних особливостей зміни клімату та особливостей структури і напрямків розвитку економіки та соціальної сфери є основою для забезпечення сталого розвитку регіонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням зміни клімату в Україні займається багато дослідників [3-6, 8-10, 14, 16, 19-21]. Проте ці роботи стосуються переважно річних та середніх за місяць даних деяких параметрів кліматичної системи для окремих регіонів країни та для України в цілому. Їх важко узагальнити, оскільки в дослідженнях використовуються різні періоди та методологія, досить часто відсутня оцінка виявлених змін, а оцінка частки невизначеності цих змін взагалі не проводилась. При дослідженні небезпечних і стихійних явищ погоди використовувались різні критерії їх небезпечності, оскільки вони протягом останніх десятиріч декілька разів мінялись (1966, 1968, 1972, 1986, 1994 рр.). Крім того, існує неузгодженість критеріїв стихійних

явищ між прогностичними підрозділами і мережею спостережень Гідрометеорологічної служби. Така неузгодженість приводить до розбіжності в інформації про кількість та інтенсивність стихійних явищ погоди і, відповідно, до різних трендів при оцінці їх зміни.

Побудова проєкцій зміни клімату в Україні також проводилась переважно для середніх за рік та місяць значень температури повітря та сум опадів. Ці розрахунки здійснювались переважно за даними глобальних кліматичних моделей, які мають велику роздільну здатність і регіональні особливості зміни клімату не можуть виявити. Застосування регіональних кліматичних моделей дозволило отримати такі дані для деяких регіонів України [11, 21]. Проведена оцінка очікуваних змін, проте, частка невизначеності зміни кліматичних параметрів також не проводилась. Результати цих досліджень стосуються різних періодів, сценаріїв та досить часто за базовий використовують різні періоди. Тому отримані результати важко узгодити між собою. Даних про можливі зміни екстремальних та небезпечних явищ погоди також дуже мало і вони рідко мають кількісні показники.

Формулювання цілей статті. Метою цього дослідження є оцінка зміни термічного режиму, режиму зволоження та екстремальних явищ погоди в Тернопільській області у період з 1961 по 2010 рр., їх можливих змін до середини ХХІ ст. відносно сучасного кліматичного періоду для збалансованого сценарію розвитку суспільства А1В та встановлення частки невизначеності цих змін.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження зміни кліматичних умов Тернопільської області проводилися за даними мережі спостережень гідрометеорологічної служби України за період 1961-2010 рр. Аномалії визначались 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. За випадок небезпечного та стихійного гідрометеорологічного явища (НЯ та СГЯ) прийнято факт наявності явища відповідної інтенсивності у пункті спостережень. Для шквалу та граду, які є дуже локальними і рідко фіксуються пунктами спостережень, за випадок НЯ та СГЯ вважали факт наявності явища відповідної інтенсивності на площі 10000 км². Для оцінки зміни частоти, інтенсивності

та локалізації НЯ та СГЯ досліджувались кількість випадків, середня та максимальна величина явища. Вони обчислювались для кожного пункту спостережень та узагальнювались по області за 1971-2010 рр. Число днів з екстремальними явищами погоди, зумовленими температурою та опадами, визначались за добовими даними мережі спостережень.

Статистична оцінка зміни в часі метеорологічних величин, повторюваності та інтенсивності екстремальних погодних умов здійснювалася за допомогою аналізу часових рядів: визначалася форма та напрям тренду часового ряду за допомогою регресійного аналізу та оцінювалася його статистична значущість (p) [1, 2, 7].

Оскільки причиною швидкої зміни клімату є антропогенна діяльність людини та викиди парникових газів, що вже не викликає сумнівів [15,22], оцінка можливої зміни кліматичної системи здійснюється з урахуванням розвитку людства. МГЕЗК запропонувала 40 сценаріїв, які охоплюють широкий діапазон можливих викидів парникових газів. Ці сценарії об'єднані у 4 групи відповідно до чотирьох можливих варіантів зміни ситуації в майбутньому – A1, A2, B1, B2 [15]. 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. Кліматичні прогнози, що відповідають сценаріям, прийнято називати "сценарними проєкціями", оскільки вони орієнтовані на певний сценарій впливу на кліматичну систему і тому з 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 у Тернопільській області на період 2021-2050 рр. відносно сучасного кліматичного періоду (1981-2010 рр.) здійснювались 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 і може використовуватись для аналізу та оцінки можливої зміни клімату в регіоні [13,17]. Розрахункові дані отримані в рамках Європейського проєкту FP-

6 ENSEMBLES з роздільною здатністю 25 км [23]. Оцінка очікуваної зміни середніх та середніх екстремальних багаторічних значень кліматичних характеристик у 2021-2050 рр. відносно 1981-2010 рр. здійснювалася за критерієм Стюдента (t -критерій), який дозволяє виявити різницю середніх значень параметрів двох періодів. Перевірялась достовірність отриманих висновків [7]. Враховуючи рекомендації МГЕЗК, для оцінки частки невизначеності зміни метеорологічної величини чи показника [22] використовувались такі критерії:

- практично не викликає сумнівів ($p \leq 0.01$, ймовірність 99 – 100%);
- дуже ймовірно ($0.01 < p \leq 0.1$, ймовірність 90 – 99%);
- ймовірно ($0.1 < p \leq 0.34$, ймовірність 66 – 90%);
- приблизно так само ймовірно, як і ні ($0.34 < p \leq 0.67$, ймовірність 33 – 66%);
- малоймовірно ($0.67 < p \leq 0.90$, ймовірність 10 – 33%);
- дуже малоймовірно ($0.90 < p \leq 0.99$, ймовірність 1 – 10%);
- виключно малоймовірно ($p > 0.99$, ймовірність 0 – 1%).

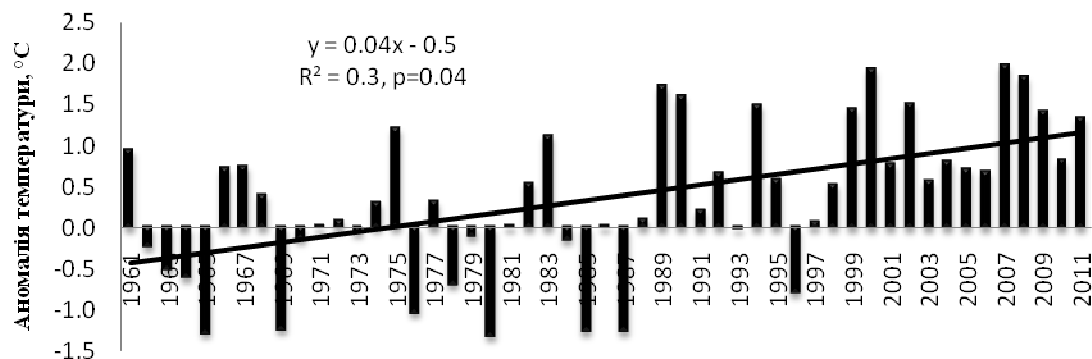
Виклад основного матеріалу. Проведений аналіз величини середньої за рік приземної температури повітря та її аномалії відносно кліматичної норми в Тернопільській області у 1961-2011 рр. показав, що їх значення в регіоні протягом вказаного періоду *дуже ймовірно* збільшуються. Цей ріст відмічається протягом усього року. При цьому *не викликає сумнівів*, що за останні два десятиріччя середня за рік температура повітря в області підвищилась (рис.1). Цей ріст становив 0.9°C відносно кліматичної норми і був більшим, ніж у середньому по Україні (0.8°C). Найбільший внесок у зміну річної температури в регіоні мали літній та зимовий сезони. Їх середня температура зросла, відповідно, на 1.3°C та 1.2°C . При цьому найбільш суттєво підвищилась температура повітря у січні (2.1°C) та липні (1.6°C). Весною середня температура виросла на 0.9°C . Цей ріст значною мірою зумовлений підвищенням температури у березні (1.7°C). Температура повітря восени змінилась несуттєво (0.1°C).

Ріст середньої за рік та місяць приземної температури повітря у Тернопільській області зумовлений збільшенням максимальної та мінімальної температури повітря впродовж усього року. Ці зміни *практично не викликають сумнівів*. За останні двадцять років середня за рік максимальна і мінімальна темпера-

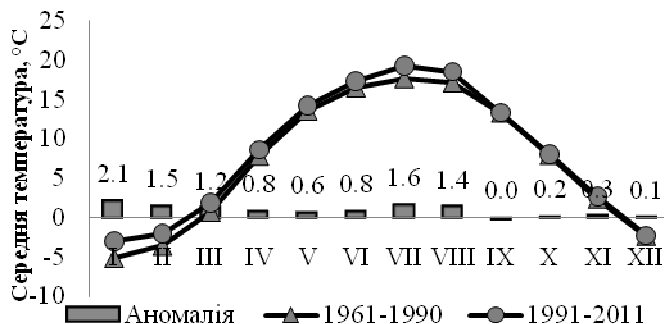
тура в регіоні виросли на 1.0°C . (рис.2). При цьому найбільший ріст максимальної температури відмічається влітку (1.5°C), з максимумом (2.0°C) у липні, а мінімальної – взимку (1.5°C) з максимумом (2.6°C) у січні. Весною середня максимальна температура виросла на

1.0°C , а мінімальна на 0.9°C . Восени екстремальна температура повітря змінилась несуттєво (0.5°C , відповідно), при цьому ріст мінімальної температури був більш суттєвим, ніж максимальної.

а) аномалія середньої за рік температури повітря;



б) аномалія та середня за місяць температура повітря;



в) аномалія середньої за сезон та рік температури повітря;

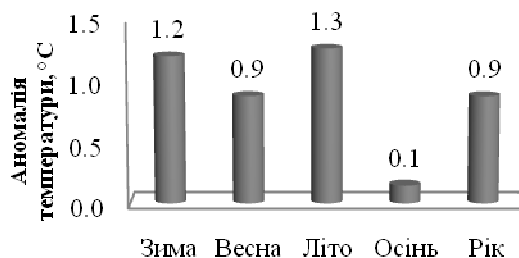
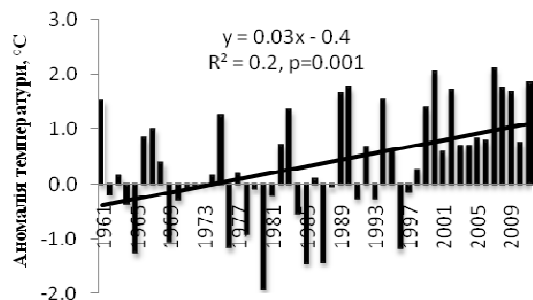


Рис.1. Зміна середньої за рік, сезон та місяць аномалії температури повітря

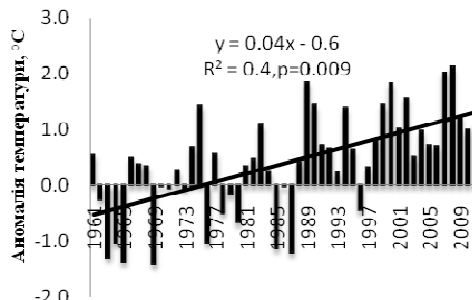
Значне зростання максимальної і, особливо, мінімальної температури повітря у холодний період року зумовило зменшення кількості морозних днів ($T_{\min} < 0^{\circ}\text{C}$) та дуже ймовірно збільшення тривалості безморозного періоду (майже на тиждень за десять років). Проте, на відміну від інших регіонів, в області кількість

днів з сильними морозами ($T_{\min} \leq -20^{\circ}\text{C}$) не змінилось. Підвищення температури повітря в холодний період, яке супроводжувалось зменшенням швидкості вітру, привело до зменшення суворості зими. Зима на Тернопільщині з кінця 90-х років XX ст. перейшла з категорії "помірно сувора" до категорії "мало сувора".

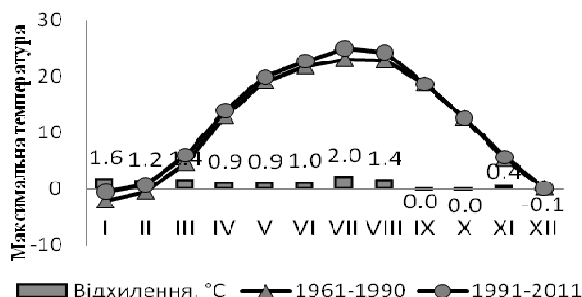
а) аномалія середньої максимальної за рік температури повітря;



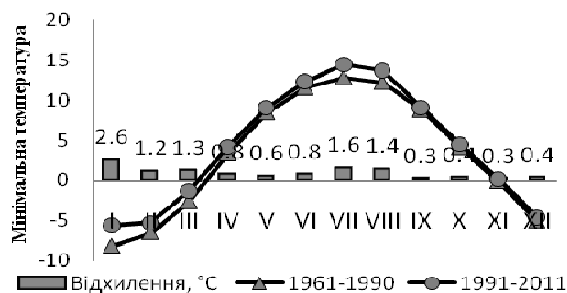
б) аномалія середньої мінімальної за рік температури повітря;



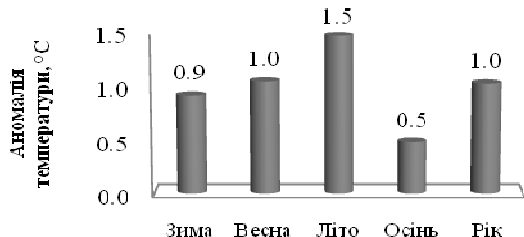
б) аномалія та середня за місяць максимальна температура повітря;



в) аномалія та середня за місяць мінімальна температура повітря;



г) аномалія середньої максимальної за сезон та рік температури повітря;



д) аномалія середньої мінімальної за сезон та рік температури повітря

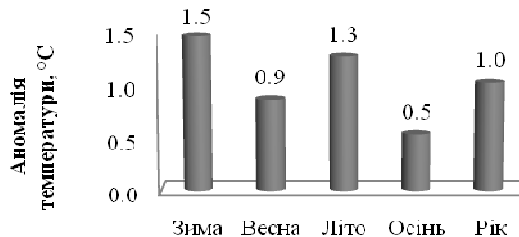
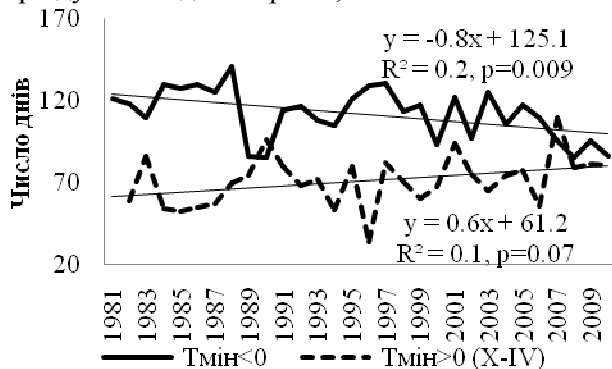


Рис.2. Зміна аномалії середньої максимальної та мінімальної за рік, сезон та місяць температури повітря

а) число днів з морозом та тривалість безморозного періоду в холодне півріччя;



б) суворість зими;

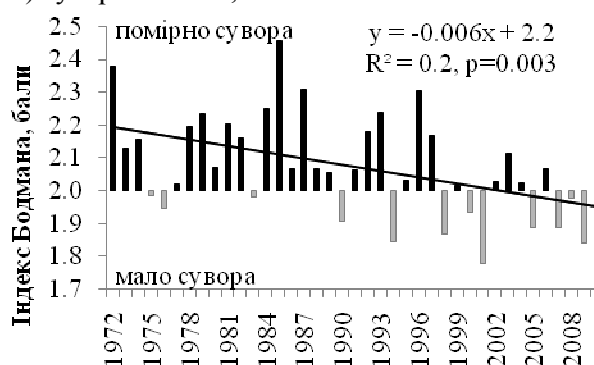


Рис.3. Екстремальні погодні умови холодного періоду, зумовлені зміною температури

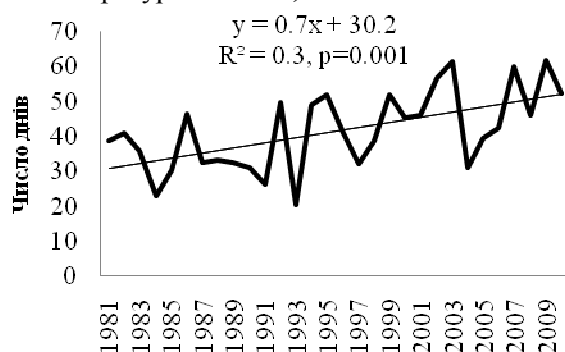
Практично не викликає сумнівів, що підвищення температури повітря на Тернопільщині зумовило також збільшення майже на два тижні тривалості теплового періоду та зростання його комфортності для людини. Ріст максимальної температури, зумовив збільшення кількості спекотних днів, коли максимальна температура повітря перевищувала 20 та 25 °C. При цьому найбільш інтенсивний ріст, як і в інших регіонах, характерний для температури вище 25 °C. Для цієї градації також характерний найбільш суттєвий ріст середньої максимальної за місяць тривалості періоду з такою тем-

пературою та кількості таких періодів (рис.4).

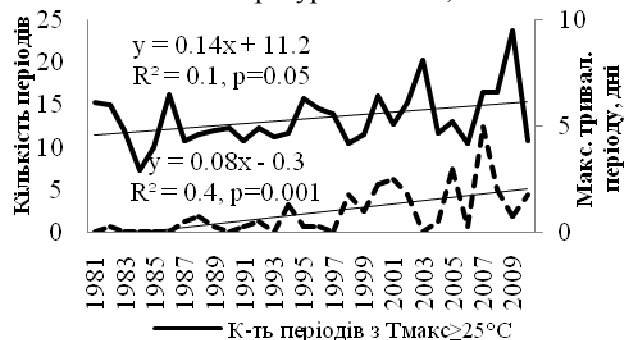
Збільшення числа спекотних днів на Тернопільщині супроводжувалось ростом відносної вологості, що ймовірно привело до збільшення кількості днів з задихою, яка несприятливо впливає на самопочуття та здоров'я людини (рис.4).

Зміна кількості опадів, що випадають в області за рік та сезон дуже мало ймовірна. При цьому відмічається деяке їх підвищення восени, особливо у вересні (майже на 30%) та зменшення зимою, особливо у грудні та січні (рис.5).

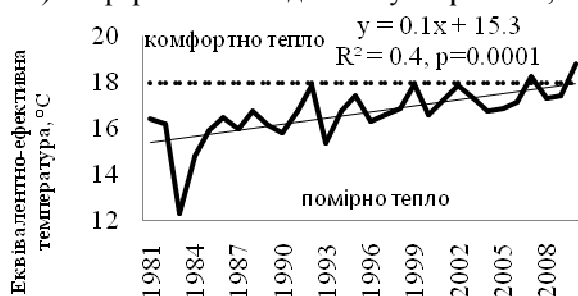
а)число днів з максимальною температурою $\geq 25^{\circ}\text{C}$;



б)кількість періодів та макс. тривалість періоду з максимальною температурою $\geq 25^{\circ}\text{C}$;



в)комфортність погоди влітку. Тернопіль;



г)число днів із задухою влітку. Тернопіль

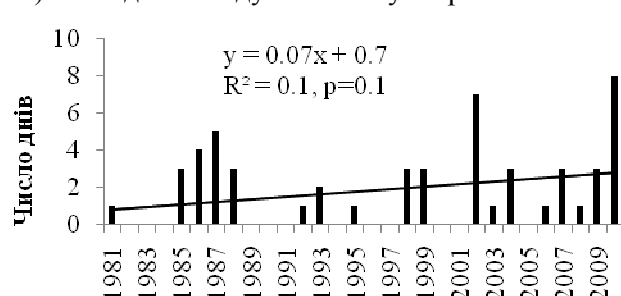


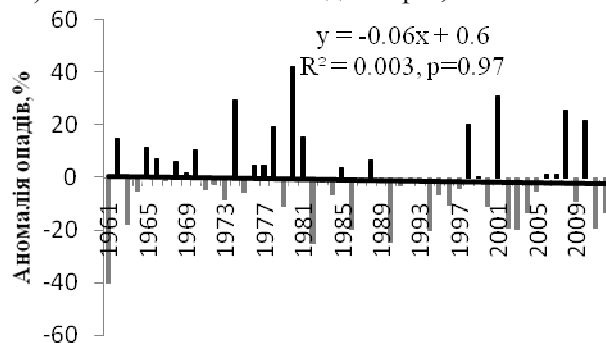
Рис.4—Екстремальні погодні умови теплого періоду, зумовлені зміною температури

Підвищення температури повітря, особливо мінімальної, у холодний період зумовило на значній території України зміну структури опадів. Проте на Тернопільщині збільшення повторюваності числа днів з дощем взимку і зменшення числа днів зі снігом є несуттєвим. Суттєво не змінилась також частка мокрого та зливого мокрого снігу. Тому в області не відмічається значимого збільшення числа днів з ожеледдю, повторюваності та інтенсивності небезпечної ожеледі діаметром більше 6мм. Не змінилась також і повторюваність та інтенсивність небезпечного налипання мокрого снігу та

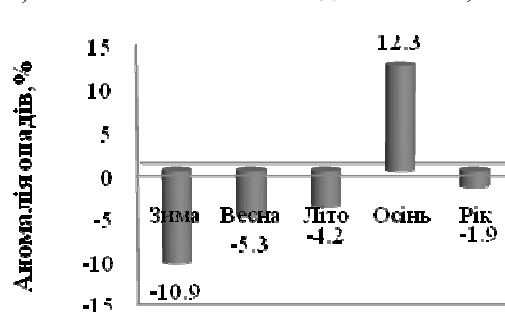
складних відкладень діаметром більше 11мм. Повторюваність та інтенсивність сильних снігопадів в Тернопільській області зменшувалась до середини 90-х років ХХ ст., а протягом останніх десятиріч максимальна кількість опадів, що випадає під час снігопаду, почала зростати. Збільшилась і повторюваність сильних снігопадів (рис.6).

Як показали попередні дослідження [3,4], ріст температури повітря у теплий період в Україні супроводжується ростом вологовмісту тропосфери.

а)аномалія кількості опадів за рік;



б) аномалія кількості опадів за сезон;



в)аномалія кількості опадів за місяць;

г)число днів з дощем та зливуом

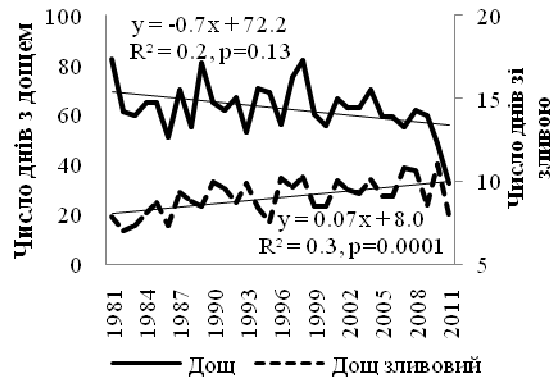
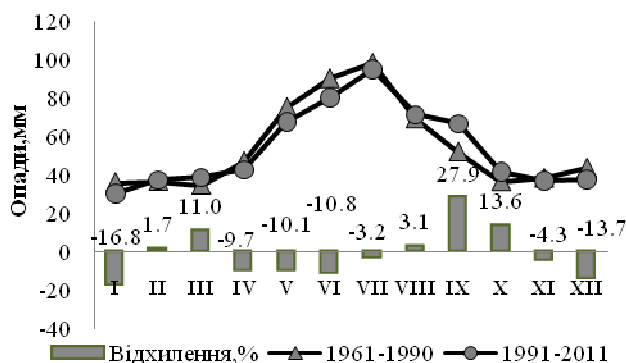


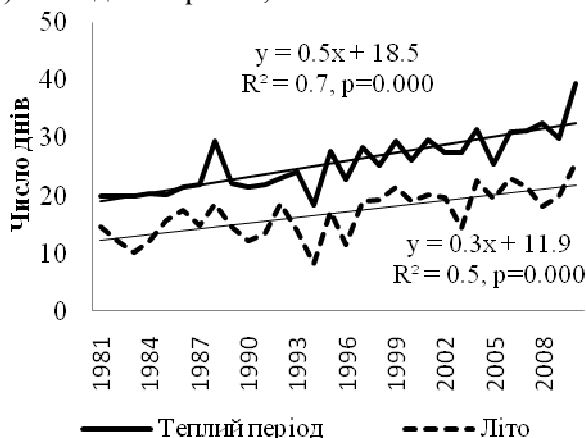
Рис.5. Зміна режиму зволоження в Тернопільській області

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. Внаслідок таких змін у Тернопільській області зросла повторюваність та інтенсивність конвективних явищ погоди, зливова складова опадів. *Практично не викликає сумнівів збільшення числа днів з грозою, зли-*

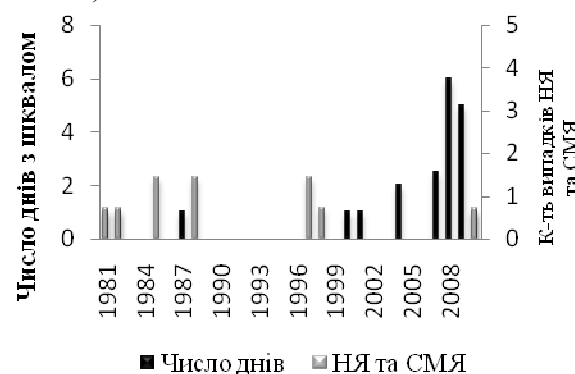
вою, градом, шквалом протягом останніх трьох десятиріч (рис.6).

Але не для всіх явищ погоди відмічається тенденція до зростання їх повторюваності та інтенсивності. Так, *практично не викликає сумнівів* зменшення як середньої, так і максимальної швидкості вітру протягом усього року, що привело до зменшення кількості явищ погоди пов'язаних з вітром, зокрема хуртовин. Зменшилось також число днів з туманом.

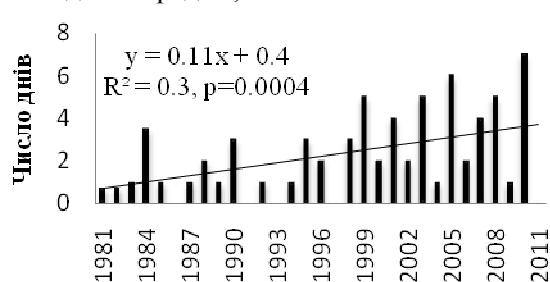
а)число днів з грозою;



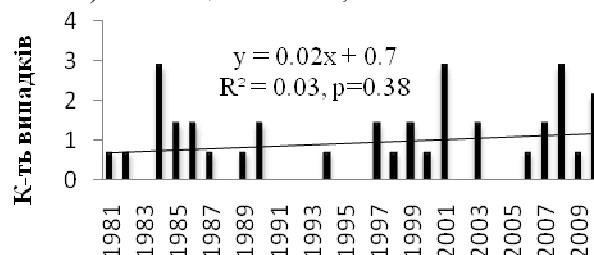
б)число днів зі шквал та кількість випадків небезпечного і стихійного шквалу; ($\geq 15\text{m/s}$)



в)число днів з градом;

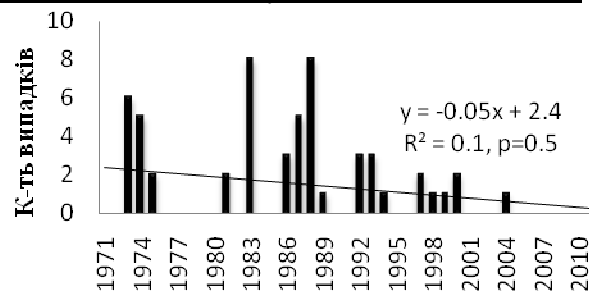
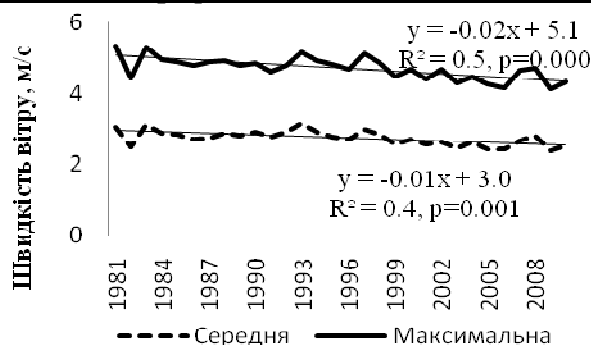


г)кількість випадків стихійного граду ($\geq 20\text{mm}$) на площі 10000km^2 ;

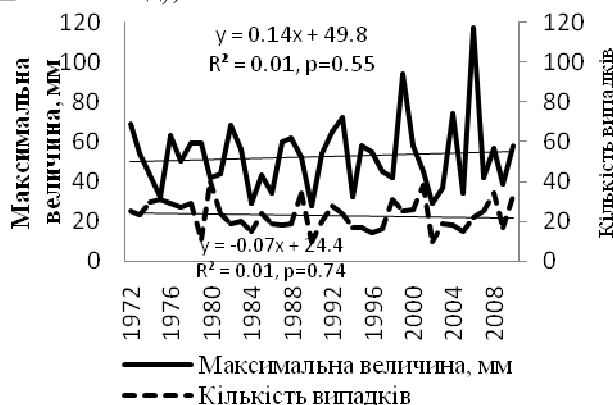


д)швидкість вітру;

е)кількість випадків стихійного вітру ($\geq 25\text{m/s}$);



е) повторюваність та інтенсивність сильного дощу (≥ 15 мм/12 год);



ж) повторюваність та інтенсивність сильних снігопадів (≥ 7 мм/12 год);

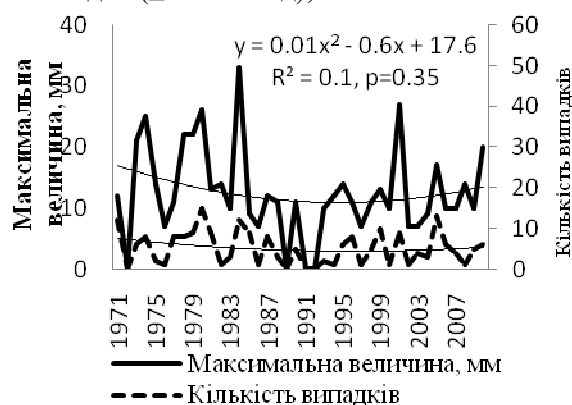


Рис.6. Зміна повторюваності та інтенсивності небезпечних явищ погоди

Проекції зміни кліматичних умов Тернопільської області до середини XXI ст.

До середини XXI ст. у Тернопільській області можна очікувати подальше підвищення температури повітря. *Практично не викликає сумнівів*, що середня, максимальна та мінімальна за рік та сезон приземна температура 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°C, відповідно). Найбільш суттєво може підвищитись екстремальна температура у лютому (мінімальна на 2.1°C, а максимальна на 1.7°C). Середня за місяць екстремальна температура повітря восени може вирости на 1.3°C, влітку – на 0.9-1.0°C, а весною – на 0.6-0.7°C. Найбільші зміни (1.9 та 1.7°C) можна очікувати у жовтні. *Ймовірно* до середини XXI ст. збільшиться мінімальна температура і в грудні (на 1.1°C), хоча протягом останніх двох десятиріч вона не змінювалась, а в деяких районах області відмічалась тенденція до її зниження (табл.1).

Суттєве підвищення мінімальної і максимальної температури повітря у західних областях України може привести до значного (май-

же 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°C у середині XXI ст. буде на тиждень менше. *Ймовірно* зменшиться і число днів з морозом -20°C та нижче, проте число днів з сильними морозами зміниться несуттєво. Періоди з екстремально-холодною температурою відмічатимуться і в середині XXI ст., але їх негативні наслідки можуть бути більш значними, оскільки хвилі холоду спостерігатимуться на фоні більш високої температури (табл.2).

Практично не викликає сумнівів, що в Тернопільській області до середини XXI ст. може збільшитись тривалість теплового періоду. Порівняно з сучасним кліматичним періодом він може стати довшим майже на два тижні (+14.5 днів). Також *практично не викликає сумнівів* збільшення тривалості літа (+18.6 днів), тривалості періоду вегетації холоднолюбивих культур (+12.7 днів) і *дуже ймовірно* збільшення тривалості періоду вегетації теплолюбивих культур (+12.1 дні). Майже на два тижні в області може вирости і число днів з максимальною температурою вище 20°C. Найбільші зміни очікуються у серпні та червні. Майже на

тиждень (+6 днів) може збільшитись в області (табл.2).
і число днів з температурою вище 25°C

Таблиця 1

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

Місяць, сезон, рік	Середня температура				Мінімальна температура				Максимальна температура			
	1981- 2010	відхилення		2021- 2050	1981- 2010	відхилення		2021-2050	1981-2010	відхилення		2021-2050
		°C	p*			°C	p*			°C	p*	
Січень	-3.3	0.9	0.126	-2.4	-5.9	1.2	0.083	-4.8	-0.7	0.7	0.167	0.1
Лютий	-2.5	1.8	0.021	-0.6	-5.3	2.1	0.017	-3.2	0.7	1.7	0.025	2.4
Березень	1.7	0.9	0.067	2.6	-1.6	0.9	0.062	-0.7	5.6	0.9	0.093	6.6
Квітень	8.4	0.4	0.153	8.8	3.8	0.5	0.128	4.3	13.6	0.3	0.369	13.8
Травень	14.2	0.7	0.030	14.9	9.0	0.7	0.013	9.8	19.8	0.7	0.079	20.5
Червень	16.9	1.0	0.001	17.9	12.0	1.0	0.000	13.1	22.2	1.0	0.006	23.2
Липень	18.8	0.5	0.099	19.3	13.9	0.7	0.011	14.6	24.3	0.4	0.341	24.7
Серпень	18.1	1.2	0.000	19.3	13.2	1.1	0.000	14.3	23.8	1.4	0.005	25.2
Вересень	13.3	1.1	0.002	14.5	9.0	1.2	0.000	10.2	18.5	1.1	0.018	19.6
Жовтень	8.2	1.8	0.000	9.9	4.5	1.7	0.001	6.2	12.7	1.9	0.000	14.6
Листопад	2.3	1.0	0.036	3.3	-0.2	1.1	0.024	0.9	5.3	0.9	0.068	6.2
Грудень	-2.2	1.0	0.102	-1.1	-4.6	1.1	0.117	-3.5	0.3	1.0	0.100	1.3
Зима	-2.6	1.2	0.010	-1.4	-5.2	1.4	0.008	-3.8	0.1	1.1	0.012	1.2
Весна	8.1	0.7	0.005	8.8	3.8	0.7	0.004	4.4	13.0	0.6	0.016	13.6
Літо	17.9	0.9	0.000	18.8	13.0	1.0	0.000	14.0	23.4	0.9	0.005	24.4
Осінь	12.2	1.3	0.000	13.5	4.4	1.3	0.000	5.8	12.2	1.3	0.000	13.4
Рік	7.8	1.0	0.000	8.9	4.0	1.1	0.000	5.1	12.2	1.0	0.000	13.2

Таблиця 2

Проекція зміни тривалості теплового, літнього, вегетаційного періодів та екстремальних погодних умов, пов'язаних з температурою повітря

Параметр	Зміна, число днів	Значимість, p
Тривалість теплового періоду, $T_{ср} > 0$	14.5	0.002
Тривалість періоду вегетації холоднолюбивих культур, $T_{ср} \geq 5^\circ\text{C}$	12.1	0.091
Тривалість періоду вегетації холоднолюбивих культур, $T_{ср} \geq 10^\circ\text{C}$	12.7	0.008
Тривалість літнього періоду, $T_{ср} \geq 15^\circ\text{C}$	18.6	0.000
Сумарна тривалість спекотного періоду з $T_{макс} \geq 20^\circ\text{C}$	14.3	0.001
Сумарна тривалість спекотного періоду з $T_{макс} \geq 25^\circ\text{C}$	6.0	0.013
Сумарнатривалість морозного періоду з $T_{мін} \leq -10^\circ\text{C}$	-5.7	0.003
Сумарнатривалість морозного періоду з $T_{мін} \leq -15^\circ\text{C}$	-1.9	0.006
Сумарнатривалість морозного періоду з $T_{мін} \leq -20^\circ\text{C}$	-0.3	0.108

Малоймовірно, що кількість опадів за рік, весну та літо в Тернопільській області зміниться до середини ХХІ ст. Дуже малоймовірно, що зміниться сума опадів восени, але ймовірно збільшиться кількість опадів взимку. При цьому можливий суттєвий перерозподіл опадів між місяцями: дуже ймовірно збільшення їх кількості у грудні (20%) та ймовірно – у липні та вересні (11%) і ймовірно їх зменшення у серпні та жовтні (біля 13%). В інші місяці кількість опадів зміниться несуттєво (рис.6). Збільшиться також число днів з опадами, що мають велику інтенсивність, особливо більше 20мм за добу (ймовірно).

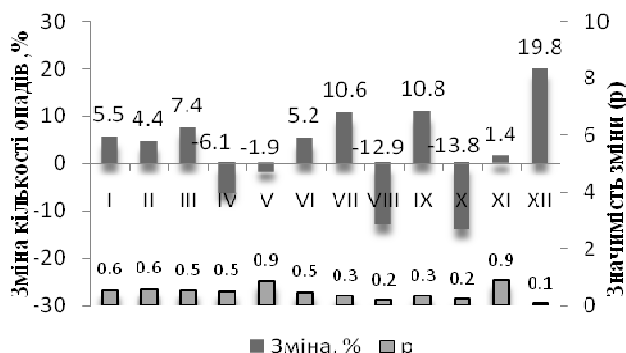
Число днів за рік зі сприятливими умовами

для утворення сильної ожеледі на заході України до середини ХХІ ст. ймовірно зменшиться. При цьому можливий перерозподіл її повторюваності між сезонами та місяцями. Взимку можливе суттєве збільшення числа днів з такими умовами, у той час як весною і восени їх стане значно менше. Практично не викликає сумнівів зменшення числа днів з ожеледдю у жовтні, дуже ймовірно у листопаді і ймовірно у березні. При цьому у січні днів з ожеледдю ймовірно стане більше.

Сприятливих умов для утворення налипання мокрого снігу у західному регіоні України до середини ХХІ ст. не стане менше, проте може відбутись суттєвий перерозподіл їх по міся-

цяк: *практично не викликає сумнівів* зменшення числа днів з налипанням мокрого снігу у жовтні і *ймовірно* у листопаді, березні та квітні. Зимові умови для утворення такого явища

а)сума опадів за місяць;



до середини ХХІ ст. стануть більш сприятливими: *ймовірно* повторюваність їх збільшиться, особливо у лютому.

б) сума опадів за сезон, рік;

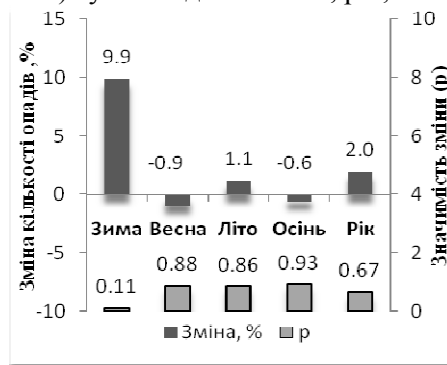


Рис.7. Проекції зміни суми опадів за місяць, сезон, рік у 2021-2050рр відносно 1981-2010рр. та значимість цих змін (р)

Середня та максимальна за місяць швидкість вітру в регіоні зміниться несуттєво до середини ХХІ ст., але при цьому у теплий період можливе посилення швидкості вітру, а в холодний період – його послаблення, особливо у січні, лютому та жовтні. Такі зміни приведуть до подальшого зменшення кількості явищ погоди, пов'язаних із вітром та, разом із ростом температури, до зменшення суворості зими та збільшення комфортності зимового й перехідних сезонів.

До середини ХХІ ст. зменшиться також кількість днів і з сильним вітром, за винятком вітру зі швидкістю більше 25 м/с.

Висновки. Зміна клімату, яка спостерігається на нашій планеті, відбувається і в Тернопільській області. Протягом останніх десятиріч в регіоні суттєво змінився термічний режим, режим зволоження, вітру, повторюваність екстремальних і небезпечних явищ погоди. До середини ХХІ ст. при збалансованому розвитку суспільства (сценарій А1В) 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, що приведе до збільшення періоду літньої рекреації. Суттєво може збільшитись тривалість періоду вегетації холодолюбивих та теплолюбивих культур. Цей ріст буде відбуватись в основному за рахунок продовження періоду активної вегетації восени, хоча розвиток рослин може починатись також раніше. Ранній початок періоду вегетації рос-

лин може створити загрозу їх пошкодження пізніми весняними заморозками. У Тернопільській області також можна очікувати збільшення числа спекотних днів з температурою більше 20 та 25 °С та тривалості спекотного періоду.

Підвищення максимальної та мінімальної температури повітря взимку, зменшення кількості морозних днів можуть привести до подальшого зменшення тривалості зими та її суворості і, відповідно, зменшення тривалості періоду зимової рекреації. Зміна термічного режиму в цей сезон може також привести до зміни структури опадів: збільшення числа днів з дощем і зменшення числа днів зі снігом, збільшення повторюваності зливого та мокрого снігу, налипання мокрого снігу, ожеледі. Кількість опадів за рік варіюватиме несуттєво, проте спостерігатиметься їх значна неоднорідність протягом року, від одного місяця до іншого. Зима може стати більш вологою і м'якою.

Таким чином, вплив погодних умов на різні сектори життєдіяльності людини та навколишнє середовище до середини ХХІ ст. в Тернопільській області буде посилюватись, що вимагає розробки заходів по адаптації та пом'якшення негативних впливів і використання нових потенційних можливостей які відкриваються.

Перспектива подальшого дослідження у цьому напрямку полягає у більш детальному вивченні регіональних проявів зміни клімату в Тернопільській області і, перш за все, у виявленні їх особливостей на території регіону, у вивченні механізмів, які призводять до вияв-

лених змін клімату, дослідженні зміни атмосферних процесів у цьому регіоні. Дуже важливим є вивчення впливу зміни кліматичної системи на різні сфери економіки, екосистеми, життєдіяльність населення в регіоні. Необхідна також розробка регіональних сценаріїв змі-

ни кліматичної системи, як на найближчу, так і на віддалену (до 2100 р.) перспективу для різних сценаріїв розвитку суспільства. Результати цих досліджень можуть бути використані при розробці регіональних планів з адаптації до зміни клімату.

Література:

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. Айвазян, В. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 2001. – 1022с.
2. Андерсон. Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М.: Мир, 1976. – 757 с.
3. Глобальные и региональные изменения климата / [Шестопалов В.М., Логинов В.Ф., Осадчий В.И. и др.]. – Киев: Ника-Центр, 2011. – 448 с. – (ISBN 978-966-521-606-3)
4. Балабух В. А. Региональные особенности количественных критериев интенсивности конвекции / В. А. Балабух, С. Н. Ягодинец, Л. В. Малицкая, Н. А. Скульбиденко // Проблемы и достижения долгосрочного метеорологического прогнозирования: труды научного семинара Национальной академии наук Украины и Российского фонда фундаментальных исследований, г.Киев, Украина, 5-7 октября 2011 г. – Киев: Ника-Центр, 2012. – с.108-118.
5. Воскресенская Е. Н. Низкочастотная изменчивость гидрометеорологических полей и потоков тепла в Северной Атлантике / Е. Н. Воскресенская, А. Б. Полонский // Морской гидрофизический журнал. – 2004. – № 4. – С.19–38.
6. Дроздов О. А. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР / О. А. Дроздов, А. С. Григорьева. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 157 с.
7. Закс. Л. Статистическое оценивание/ Л. Закс. – М.: Статистка, 1976. – 599 с.
8. Ефимов В. В. Формирование аномалий атмосферных осадков в регионе Чёрного моря и других регионах Европы в зимние сезоны 80 – 90-х годов / В.В. Ефимов, А. А. Сизов, М. В. Шокуров, А. Е. Чехлан // Морской гидрофизический журнал. – 2001. – №1. – С.46–54.
9. Ефимов В. В. Статистическое моделирование месячных аномалий атмосферных осадков для региона Украины и Черного моря / В. В. Ефимов, М. В. Шокуров, В. С. Барабанов // Морской гидрофизический журнал. – 2002. – №1. – С. 35–50.
10. Клімат України / [за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченка]. – К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
11. Краковська С.В. Чисельні проєкції кліматичних змін в Луганській області до 2050 року/ С. Краковська //Наук. праці УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 261. – С.37-55.
12. Краковська С.В. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін регіонального клімату України в ХХІ ст. / С.В. Краковська, Л.В. Паламарчук, І.П. Шедеменко, Г.О. Дюкель, Н.В. Гнатюк // Геофизический журнал. – 2011– Т.33, № 6. –С.68-81.
13. Краковська С.В. Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961-90 рр. / С.В. Краковська, Л.В. Паламарчук, І.П. Шедеменко, Г.О. Дюкель, Н.В. Гнатюк // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2008. – Вип. 257. – С. 42-60.
14. Мартазинова В.Ф. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменение и современное состояние / В. Ф. Мартазинова, Т. А. Свердлик // Тр.УкрНДГМІ. – 1999. – Вип.246. – С.21–27.
15. Изменение климата: Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата: Вклад рабочих групп I, II, III в [под ред. Пачаури, Р.К., Райзингер, А., и др.]. – Швейцария.: МГЭИК – 2007. – 104 с.
16. Опасные явления погоды на Украине / [под ред. К. Т. Логвинова]. – Л.: Гидрометеиздат. – 1972. – 236 с.
17. Паламарчук Л.В. Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу поля опадів в Україні за контрольний період 1961-1990 рр. / Л. В. Паламарчук, С. В. Краковська, І. П. Шедеменко, Г. О. Дюкель, Н. В. Гнатюк // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2009. – Вип.258. – С. 69-84.
18. Паламарчук Л.В. Сезонні зміни клімату в Україні в ХХІ столітті / Л.В. Паламарчук, Н.В. Гнатюк, С.В. Краковська, І.П. Шедеменко, Г.О. Дюкель // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2010. – Вип.259. – С.104-120.
19. Сидоренков Н.С. Многолетние изменения атмосферной циркуляции и колебания климата в первом естественном синоптическом районе / Н. С. Сидоренков, П. И. Свиренко // Тр.ГМЦ. – 1991. – Вип.316. – С.93–105.
20. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005рр. [під ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченка]. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 312с.
21. Третье, четвертое и пятое национальные сообщения Украины по вопросам изменения климата подготовленные на выполнение статей 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола. – Киев, 2009. – 366 с.
22. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5 [Електронний ресурс]: Approved Summary for Policymakers— Режим доступу: <http://www.climate2013.org/spm> – Назва з екрана.
23. ENSEMBLES Final Report [Електронний ресурс]: Ensembles data archives — Режим доступу: <http://ensembles-eu.metoffice.com> – Назва з екрана.

References:

1. Ajvazyan S.A. Prikladnaya statistika i osnovy e'konometriki / S. Ajvazyan, V. Mxitaryan. – М.: YuNITI, 2001. – 1022s.
2. Anderson. T. Statisticheskij analiz vremennyx ryadov / T. Anderson. – М.: Mir, 1976. – 757 s.
3. Global'nye i regional'nye izmeneniya klimata / [Shestopalov V.M., Loginov V.F., Osadchij V.I. i dr.]. – Киев: Nika-Centr, 2011. – 448 с. – (ISBN 978-966-521-606-3)
4. Balabux V. A. Regional'nye osobennosti kolichestvennyx kriteriev intensivnosti konvekcii / V. A. Balabux, S. N. Yagodinets, L. V. Malickaya, N. A. Skul'bidenko // Problemy i dostizheniya dolgosrochnogo meteorologicheskogo prognozirovaniya: trudy nauchnogo seminar Nacional'noj akademii nauk Ukrainy i Rossijskogo fonda fundamental'nyx issledovaniy, g.Kiev, Ukraina, 5-7 oktyabrya 2011 g. – Киев: Nika-Centr, 2012. – с.108-118.
5. Voskresenskaya E. N. Nizkochastotnaya izmenchivost' gidrometeorologicheskix polej i potokov tepla v Severnoj Atlantike / E. N. Voskresenskaya, A. B. Polonskij // Morskoy gidrofizicheskij zhurnal. – 2004. – № 4. – С.19–38.
6. Drozdov O. A. Mnogoletnie ciklicheskie kolebaniya atmosferynx osadkov na territorii SSSR / O. A. Drozdov, A. S. Grigor'eva. – L.: Gidrometeizdat, 1971. – 157 s.
7. Zaks. L. Statisticheskoe ocenivanie/ L. Zaks. – М.: Statistka, 1976. – 599 s.
8. Efimov V. V. Formirovaniye anomalij atmosferynx osadkov v regione Chyornogo morya i drugix regionax Evropy v zimnie sezony 80 – 90-x godov / V.V. Efimov, A. A. Sizov, M. V. Shokurov, A. E. Chexlan // Morskoy gidrofizicheskij zhurnal. – 2001. – №1. – С.46–54.
9. Efimov V. V. Statisticheskoe modelirovaniye mesyachnyx anomalij atmosferynx osadkov dlya regiona Ukrainy i Chernogo morya / V. V. Efimov, M. V. Shokurov, V. S. Barabanov // Morskoy gidrofizicheskij zhurnal. – 2002. – №1. – С. 35–50.
10. Klimat Ukraini / [za red. V. M. Lipins'kogo, V. A. Dâchuka, V. M. Babičenko]. – К.: Vidavnictvo Raëvs'kogo, 2003. – 343 с.
11. Krakovs'ka S.V. Čisel'ni proekcii klimatičnijh zmin v Lugans'kij oblasti do 2050 roku/ S. Krakovs'ka //Наук. праці УкрНДГМІ. – 2011. – Вип. 261. – С.37-55.

12. Krakovs'ka S.V. Modeli zagal'noi cirkulacii atmosferi ta okeaniv u prognozuvanni zmin regional'nogo klimatu Ukraini v HHІ st. / S.V. Krakovs'ka, L.V. Palamarčuk Ĭ.P. Šedemenko, G.O. Dūkel', N.V. Gnatūk // Geofizičeskij žurnal. – 2011 – T.33, # 6. – S.68-81.
13. Krakovs'ka S.V. Verifikaciâ danih svitovogo klimatičnogo centru (CRU) ta regional'noi modeli klimatu (REMO) šodo prognozu prizemnoi temperaturi povitrâ za kontrol'nij period 1961-90 rr. / S.V. Krakovs'ka, L.V. Palamarčuk, Ĭ.P. Šedemenko, G.O. Dūkel', N.V. Gnatūk // Nauk. pracі UkrNDGMĬ. – 2008. – Vip. 257. – S. 42-60.
14. Martazinova V.F. Krupnomasshtabnaya atmosfer'naya cirkulyaciya XX stoletiya, ee izmenenie i sovremennoe sostoyanie / V. F. Martazinova, T. A. Sverdlik // Tr.UkrNDGMĬ.–1999.– Vyp.246.– C.21–27.
15. Izmenenie klimata: Četvertyj doklad ob ocenke Mezhravitel'stvennoj gruppy e'kspertov po izmeneniyu klimata: Vklad rabochih grupp I, II, III v [pod red. Pachauri, R.K., Rajzinger, A., i dr.]. – Shvejcariya.: MGE'IK – 2007. – 104 s.
16. Opasnye yavleniya pogody na Ukraine / [pod red. K. T. Logvinova]. – L.: Hidrometeoizdat.– 1972.– 236 s.
17. Palamarčuk L.V. Verifikaciâ danih svitovogo klimatičnogo centru (CRU) ta regional'noi modeli klimatu (REMO) šodo prognozu polâ opadiv v Ukraini za kontrol'nij period 1961-1990 rr. / L.V. Palamarčuk, S. V. Krakovs'ka, Ĭ. P. Šedemenko, G. O. Dūkel', N. V. Gnatūk // Nauk. pracі UkrNDGMĬ. – 2009. – Vip.258. – C. 69-84.
18. Palamarčuk L.V. Sezonnî zmini klimatu v Ukraini v HHІ stolitti / L.V. Palamarčuk, N.V. Gnatūk, S.V. Krakovs'ka, Ĭ.P. Šedemenko, G.O. Dūkel' // Nauk. pracі UkrNDGMĬ. – 2010. – Vip.259. –S.104-120.
19. Sidorenkov N.S. Mnogoletnie izmeneniya atmosfernoj cirkulyacii i kolebaniya klimata v pervom estestvennom sinoptičeskom rajone / N. S. Sidorenkov, P. I. Svirenko // Tr.GMC.– 1991.–Vyp.316.– S.93–105.
20. Stihijnî meteorologični âviša na teritorii Ukraini za ostannê dvadcatirîččâ (1986–2005rr. [pid red. V.M. Lipins'kogo, V.Ĭ. Osadčogo, V.M. Babičenko].– K.: Nika–Centr, 2006.–312s.
21. Tre'te, četvertoe i pyatoe nacional'nye soobshheniya Ukrainy po voprosam izmeneniya klimata podgotovlennye na vypolnenie statej 4 i 12 Ramochnoj konvencii OON ob izmenenii klimata i stat'i 7 Kiotskogo protokola. – Kiev, 2009. – 366 s.
22. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5 [Elektronnij resurs]: Approved Summary for Policymakers— Režim dostupu: <http://www.climate2013.org/spm>.– Nazva z ekrana.
23. ENSEMBLES Final Report [Elektronnij resurs]: Ensembles data archives — Režim dostupu: <http://ensembles-eu.metooffice.com>.– Nazva z ekrana.

Резюме:

Балабух В. А. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ТЕРНОПОЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНЫЕ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ ДО СРЕДИНЫ XXI ВЕКА.

В статье отражены главные проявления региональных климатических изменений в Тернопольской области в современный период на фоне глобальных процессов изменения климата. Выявлены существенные изменения термического режима, режима увлажнения, ветра, повторяемости экстремальных и опасных явлений погоды в период с 1961 по 2010гг, проведен их анализ, определена значимость выявленных изменений и доля их неопределенности. Построены проекции изменения климатических характеристик и экстремальных погодных условий у 2021-2050 гг. относительно современного климатического периода (1981-2010гг.) для сбалансированного сценария развития общества SRES A1B и проведена оценка значимости и вероятности ожидаемых изменений. Согласно проведенным расчетам, к середине XXI века в области можно ожидать дальнейшее повышение температуры воздуха на протяжении всего года, особенно зимой и осенью, увеличение продолжительности теплого периода, летнего сезона и, соответственно, периода летней рекреации, увеличение числа жарких дней и продолжительности знойного периода. Зима может стать более влажной и мягкой, ее продолжительность уменьшится. Повышение температуры может привести к увеличению периода вегетации различных культур, изменению структуры осадков и увеличению повторяемости опасных явлений погоды. Количество осадков за год будет варьировать незначительно, но возможна их значительная неоднородность на протяжении года.

Ключевые слова: региональные изменения климата; стихийные явления погоды; экстремальные условия погоды; проекции изменения климата, сценарий A1B.

Summary:

Balabukh V. REGIONAL FEATURES OF GLOBAL CLIMATE CHANGE IN THE TERNOPIL REGION AND POSSIBLE CHANGES TO THE MIDDLE OF XXI CENTURY.

The article describes regional features of climate change in the Ternopil region in the modern period, on the background of global climate change. Identified regional features of change thermal moisture and wind regime, frequency and intensity of extreme weather events s in the period from 1961 to 2010. Made their analysis and determine the significance of observed changes and indicated the assessed likelihood. Received the projected changes climatic characteristics and extreme weather conditions in the Ternopil region for 2021-2050 years regarding modern climate period (1981- 2010 years) for the SRES A1B. Assessed value and the probability of expected changes. By the middle of the 21st century in the region can be expected to increase in air temperature throughout the year, especially in winter and autumn, longer warm period, summer season and the summer recreation period. It is very likely that heat waves will occur with a higher frequency and duration and will fewer cold temperature extremes. Winter can become more moist and warm, its duration will decrease. Higher temperatures could lead to an increase in the growing season of different cultures, changing precipitation patterns, and increased the frequency of severe weather events. Annual amount precipitation change is insignificant, but they can be considerable heterogeneity throughout the year.

Keywords: regional climate changes; dangerous phenomena of weather; extreme weather; climate change projections, SRES A1B.