

УДК 502.36: 504.064.4: 504.53

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.6>

КОМПЛЕКСНИЙ ІННОВАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ТЕРИТОРІЙ, ПОСТРАЖДАЛИХ ВНАСЛІДОК ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Телюра Н.О., Ломакіна О.С., Лукашевич Д.С.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, м. Харків

natalya.telyura@kname.edu.ua, olha.lomakina@kname.edu.ua, darialukashevych@gmail.com

Розглянуто та систематизовано наукові підходи та принципи дослідження глобальних кліматичних змін в межах територій постраждалих внаслідок лісових пожеж. Урахування довкілцевого аспекту у післявоєнній відбудові України, що комплексно поєднує принципи збалансованого використання природних ресурсів і ефективне управління на шляху збереження довкілля на засадах сталого розвитку є актуальним. Використання системного підходу при визначенні закономірностей розробки організаційно-економічних та природоохоронних заходів задля підвищення рівня екологічної безпеки регіонів України обґрунтовано запровадженою політичною спрямованістю України щодо досягнення цілей сталого розвитку та завдань і проєктів Плану відновлення [1].

Окреслено та враховано екологічні аспекти територій постраждалих внаслідок лісових пожеж, шляхом виявлення потенційних загроз та розроблення рекомендацій щодо відновлення стану довкілля на засадах сталого розвитку, з використанням даних, ERA5, ECMWF п'ятого покоління, що охоплює часовий діапазон з 1979 по 2022 роки, Fire Information for Resource Management System (FIRMS) за період 2022 р.

Результати проведених досліджень є невід'ємною частиною у процесі підвищення достовірності експертного оцінювання по задачі розробки та впровадження процедури переходу від безпосереднього застосування кількісних даних до проведення визначення домінуючих зв'язків між елементами ієрархії з врахуванням залежності між всіма елементами задачі та визначення інноваційних рішень та підходів, нормативної бази та соціальних зв'язків, які найліпшим чином забезпечать урахування довкілцевого аспекту у післявоєнній відбудові України на принципах та засадах сталого розвитку. *Ключові слова:* організаційно-економічні інструменти, сталий розвиток, джерела забруднення атмосфери, якість повітря, нормативна база природоохоронної діяльності, інноваційні рішення

A comprehensive innovative approach to assessing the areas affected by forest fires. Teliura N., Lomakina O., Lukashevych D.

The article considers and systematizes scientific approaches and principles of global climate change research for the territories affected by forest fires. Taking into account the environmental aspect in the post-war reconstruction of Ukraine on the principles of balanced use of natural resources and effective management towards environmental conservation on the basis of sustainable development is relevant. A systematic approach to studying the patterns of development of organizational, economic, and environmental measures to improve the level of environmental safety of the regions of Ukraine is justified by the political orientation of Ukraine towards achieving the goals of sustainable development and the tasks and projects of the Recovery Plan [1].

The environmental aspects of the territories affected by forest fires were identified and taken into account by identifying potential threats and developing recommendations for environmental restoration on the basis of sustainable development, using data from ERA5, ECMWF of the fifth generation, covering the time period from 1979 to 2022, Fire Information for Resource Management System (FIRMS) for the period 2022.

The results of the research will help to increase the reliability of expert assessment of the task where it is necessary to develop a procedure for the transition from the direct use of quantitative data to the determination of the dominant relationships between the elements of the hierarchy, taking into account the dependence between all elements of the task and the identification of innovative solutions and approaches, regulatory framework and social relations that will best ensure the consideration of the environmental aspect in the post-war reconstruction of Ukraine on the principles and principles of sustainable development. *Key words:* organizational and economic instruments, sustainable development, sources of air pollution, air quality, regulatory framework for environmental protection, innovative solutions.

Постановка проблеми. Процеси інтеграції, імплементованих у національну нормативну базу кліматичних цілей, в усі сектори економіки та суспільного життя, вимагатиме розробки та поетапної реалізації ефективної та послідовної політики при соціально-економічному плануванні відновлення, узгодженої з кліматичними цілями ЄС у напрямку скорочення викидів парникових газів, включаючи озоноруйнівні речовини та фторовані парникові гази.

Актуальність дослідження. Приділення уваги до питань високої вуглецевої інтенсивності еконо-

міки, її низької спроможності до адаптації і відповідно соціо-еколого-економічна стійкість до зміни клімату, визначено як ключові виклики у [1].

Недостатній потенціал для запобігання потраплянню озоноруйнівних речовин в навколишнє середовище, поступове збільшення споживання фторованих парникових газів як замінників озоноруйнівних речовин, вимагає розробки та впровадження заходів, інноваційних рішень, нормативних змін та дій, але з урахуванням відповідності показникам і підходам, закріпленим у законодавстві України, а також, зва-

жаючи на політику приєднання України до ЄС, відповідного законодавства ЄС.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. З метою виконання міжнародних зобов'язань, завдань, передбачених Законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [2], а також затвердженого плану заходів щодо виконання Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року (розпорядження КМУ № 878-р від 6.12.2017 р.), а також у рамках Угоди про Асоціацію Україна – ЄС було прийнято ряд документів [3]: розпорядження КМУ від 30.07.2021 № 868 «Про схвалення Оновленого національно визначеного внеску України до Паризької угоди»; розпорядження КМУ від 20.10.2021 р. № 1363-р «Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року»; Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» та підзаконні акти, що дозволяють на основі отриманих даних Єдиного реєстру з моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів розпочати процес формування рамок національної системи торгівлі викидами відповідно до вимог Директиви 2003/87/ЄС; Закону України «Про регулювання господарської діяльності з озоноруйнівними речовинами та фторованими парниковими газами» відповідно до Регламенту 842/2006, Регламенту (ЄС) № 2037/2000, Регламенту (ЄС) № 517/2014, Регламенту (ЄС) № 1005/2009. Основні положення Регламенту 2018/1999, який встановлює загальну рамку інтегрованої кліматичної та енергетичної політики закладено у розроблений проєкт Закону «Про основні засади низьковуглецевого розвитку України на період до 2050 року» [3].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Автор у [4] визначає, що наслідки існуючих загроз можуть бути значно високими, і останніми роками вони спостерігаються все більше. За даними [5] підвищення температури атмосферного повітря спричиняє і підвищення концентрації озону. Викиди парникових газів зростають, оскільки двадцятьма найбільшим країнам світу, що здійснюють близько сімдесяти відсотків світових викидів парникових газів, наразі значною мірою не вдалося здійснити необхідні трансформаційні зміни [5].

Війна вносить власні непоправні наслідки погіршення стану довкілля. Автори у [6] звертають увагу, що пряма шкода, завдана довкіллю, є водночас і опосередкованою шкодою для життя та здоров'я населення. У дослідженні [6] перелічено основні наслідки військових дій, які матимуть негативний вплив на довкілля та здоров'я людей, через збільшення ризиків отруєння, зокрема важкими металами; зниження якості та шляхів доступу до питної води; масштабні атаки призводять до пошкодження ґрунту, втрати його родючості, що

призводить до продовольчої небезпеки населення України та світу [6].

У дослідженні [7], визначено, що у всьому світі наслідки впливу збройних конфліктів для довкілля спричиняють значні негативні ефекти, які чинять значний вплив на розвиток країн та призводять до додаткових втрат.

Аналітичні дослідження [8] проведені науковцями, визначають, що лісові екосистеми, мабуть, отримують найбільший вплив, як від змін клімату так і від бойових дій. Причини виникнення лісових пожеж розширено, завдяки масованого застосування артилерії по об'єктах в лісах та поблизу них, що є додатковою причиною для їх виникнення, що у посушливих кліматичних умовах можуть знищити тисячі гектарів лісу.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Збереження природних екосистем і біологічного різноманіття, відновлення та розвитку природоохоронних територій та об'єктів стає одним з ключових завдань повоєнного відновлення та розвитку природоохоронних територій, збереження біорізноманіття, збільшення площ природних екосистем та збалансування ландшафтів (збалансування структури ландшафтів для збереження природних екосистем та біорізноманіття, створення ефективної системи управління природоохоронними територіями з метою їх відновлення та розвитку).

Ключовими аспектами для вирішення комплексу проблем є сучасні екологічно безпечні інноваційні технології та заходи, які сприятимуть забезпеченню покращення стану природного середовища та ресурсів. В ЄС [9] екологічно безпечні інноваційні рішення, які забезпечують захист навколишнього середовища та раціональне управління природними ресурсами, вважаються найкращими екологічними методами. Обґрунтування напрямів поступової інтеграції стандартів та норм, сприятиме досягненню європейських стандартів державного управління у галузі охорони довкілля [10].

Новизна. Шалені негативні масштаби пожеж, актуалізують питання оцінки вразливості територій постраждалих внаслідок лісових пожеж та дослідження закономірностей розробки природоохоронних заходів відновлення екосистем на засадах сталого розвитку.

Мета – охарактеризувати екологічні аспекти вразливості територій постраждалих внаслідок лісових пожеж шляхом виявлення потенційних загроз та розроблення рекомендацій щодо відновлення стану довкілля на засадах сталого розвитку.

Методологічне значення. У дослідженні використано дані, ERA5, реаналіз атмосфери глобального клімату ECMWF п'ятого покоління, що охоплює часовий діапазон з 1979 по 2022 роки, з просторовою роздільною здатністю 30 км [11]. Інтенсивність

та кількість пожеж визначались за даними Fire Information for Resource Management System (FIRMS) за період 2022 р. [12]. Коефіцієнт кореляції розраховувався за усталеною методикою [13].

Виклад основного матеріалу. Для досягнення поставленої мети щодо вивчення взаємного впливу кліматичних змін та кількості пожеж, було проаналізовано багаторічні дані коливання температур та опадів на досліджуваній ділянці (с. Новомикільське Міловського району Луганської області). Діаграми (рис. 1) ілюструють як зміни клімату вплинули на територію дослідження за останні 30 років [11].

У верхній частині графіку середньорічної температури, пунктирна синя лінія – лінійна тенденція зміни клімату. У нижній частині цього графіка зображені смуги потепління. Кожна кольорова смуга представляє середню температуру за рік – синя для холодніших і червона для теплих років.

На рис. 2-3 представлено графіки, що демонструють аналіз змін температури за два періоди. Такий показ результатів є вдалим, оскільки можна відстежити певні тенденції динаміки показників.

Щодо опадів – кількість опадів взимку змінюється значно більше, ніж в інші періоди. На рис. 4 представлено річні зміни опадів на території дослідження. Пунктирна синя лінія – лінійна тенденція зміни клімату. Поступове зниження лінії тренду характеризує зменшення кількості опадів на території останніми роками.

Смуги опадів позначають загальну кількість опадів за рік: зелена для вологих років і коричнева для більш сухих років.

Щомісячні аномалії температури та опадів за період 1979 по 2023 рр. території дослідження представлено на рис. 5.

На рис. 5 показана аномалія температури для кожного місяця з 1979 року до теперішнього часу.

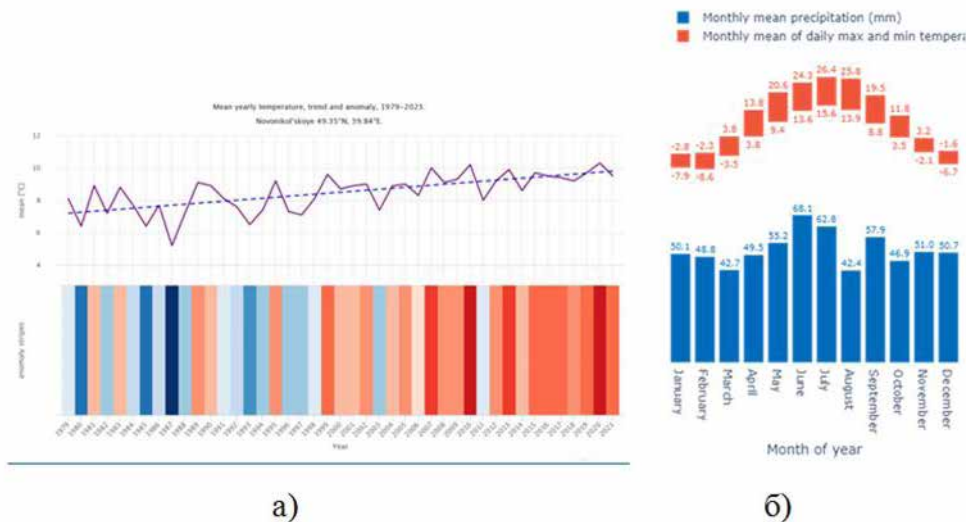


Рис. 1. Зміна температур на території дослідження: а) середньорічних температур за період 1979-2021 рр.; б) середньодобові максимальні та мінімальні температури для кожного місяця року

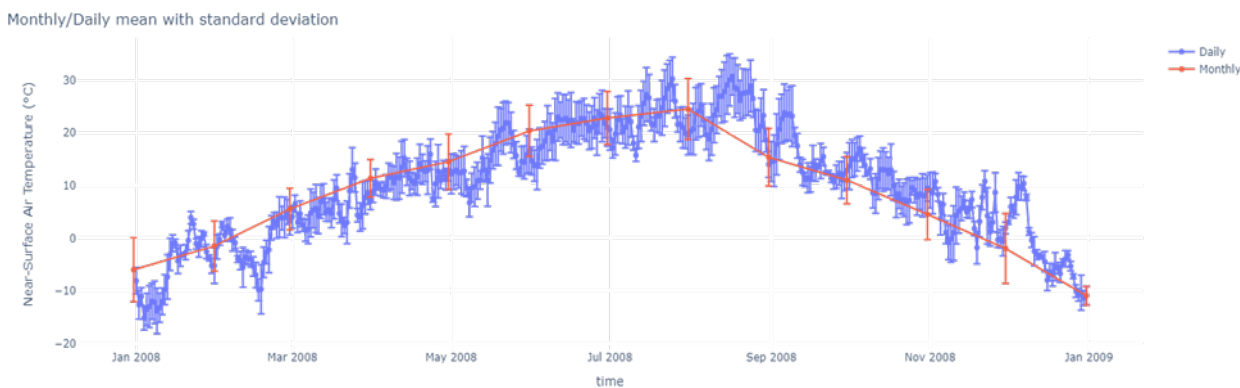


Рис. 2. Тенденції зміни температури повітря 2008-2009 рр.

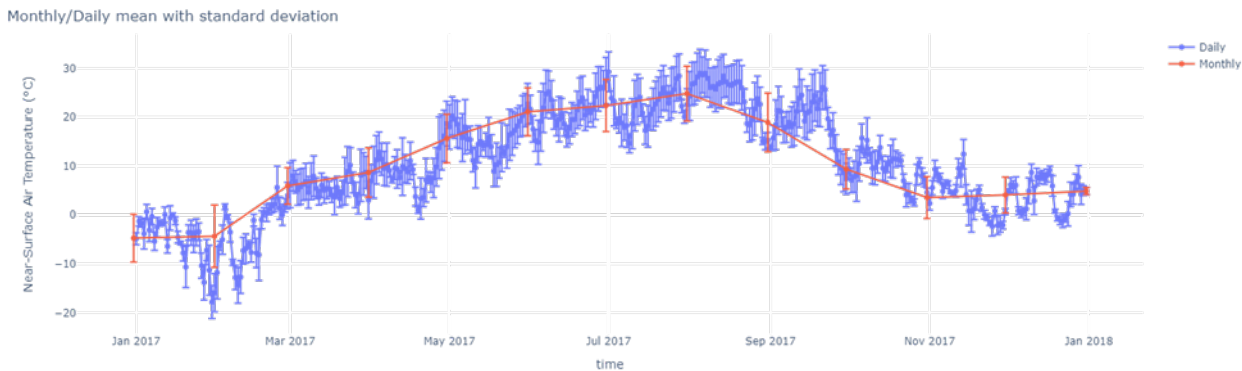


Рис. 3. Тенденції зміни температури повітря 2017-2018 рр.

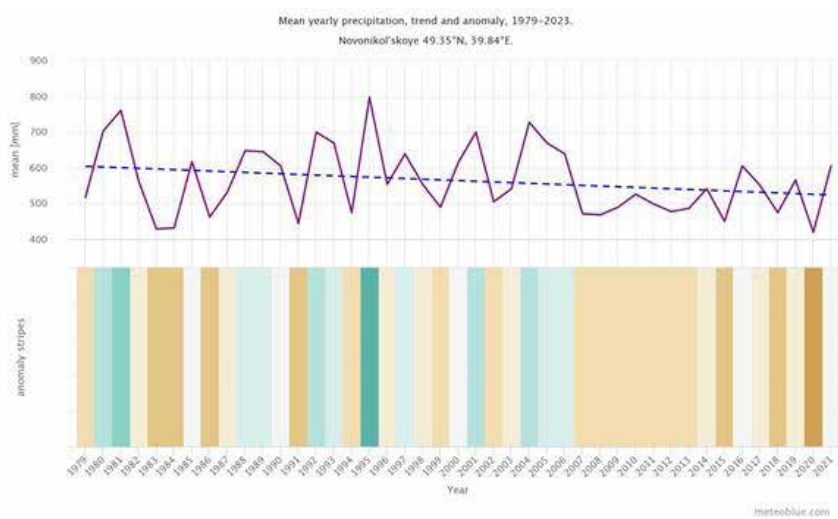


Рис. 4. Річні зміни опадів на території дослідження за період 1979-2021 рр.

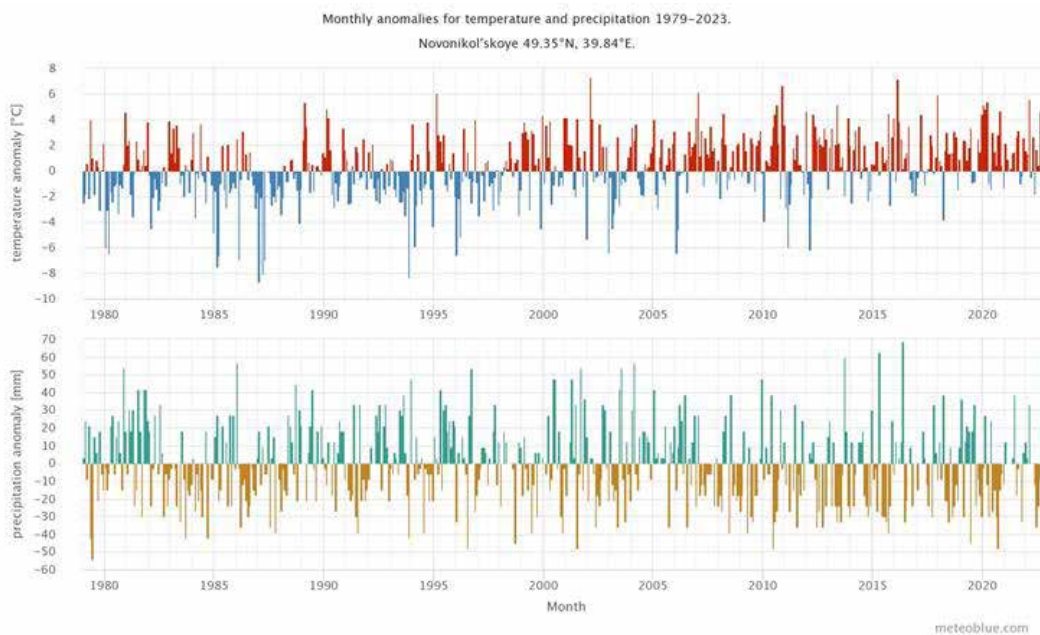


Рис. 5. Щомісячні зміни аномалій температури та опадів території дослідження за період 1979-2023 рр.

Аномалія визначає, наскільки було тепліше або холодніше середнього кліматичного значення за 30 років 1980-2010 років. Таким чином, червоні місяці були теплішими, а сині – холоднішими, ніж зазвичай. Аномалія опадів за кожний місяць з 1979 р. до теперішній час, дає можливість визначити, чи було на місяць більше чи менше опадів, ніж середнє кліматичне значення за 30 років із 1980 по 2010 рік. Таким чином, зелені місяці були вологішими, а коричневі – сухішими, ніж зазвичай.

На підставі аналізу даних систематичних спостережень виконано прогноз зміни опадів за різними сценаріями у період до 2100 року (рис. 6).

Прогноз зміни температури теплих місяців (квітень-жовтень) у період до 2100 року (рис. 7).

При RCP 8.5, викиди продовжували зростати протягом 21 століття. Сценарій RCP 8.5, який часто розглядається як основа для найгірших сценаріїв зміни клімату, заснований на завищенні прогнозованого видобутку вугілля. Як наслідок, сценарій RCP 8.5 був предметом суперечок, і в одному звіті говорилося, що він «з кожним роком стає все менш достовірним», тоді як інший стверджує, що його корисність заснована на його придатності порівняно з іншими шляхами, як для відстеження історичних кумулятивних загальних викидів CO₂, так і для прогнозування викидів у середині століття на основі поточної та встановленої політики.

Сценарій RCP 8.5 Прогноз зміни кількості опадів у період до 2100 року (рис. 8). Прогноз зміни темпе-

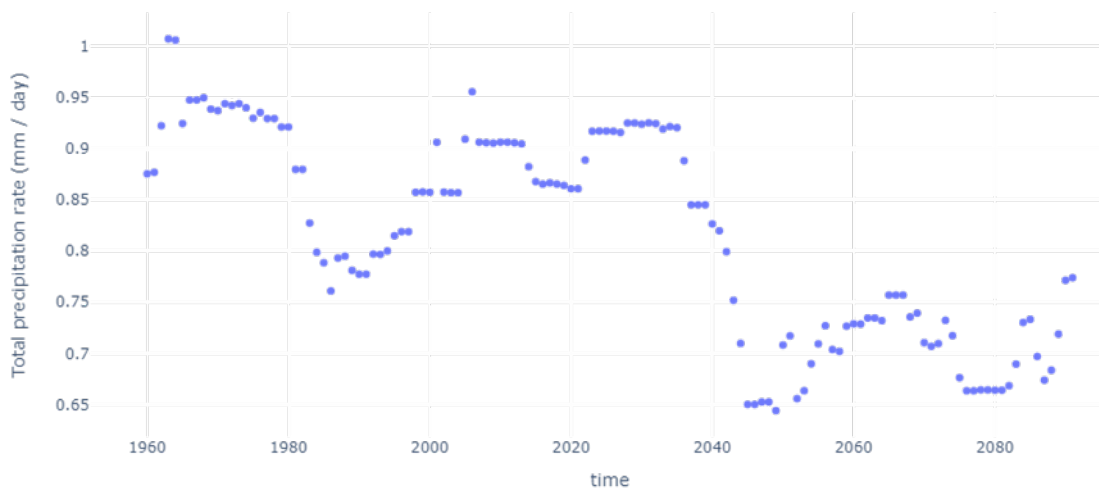


Рис. 6. Прогноз зміни кількості опадів у період до 2100 року. Сценарій RCP 4.5

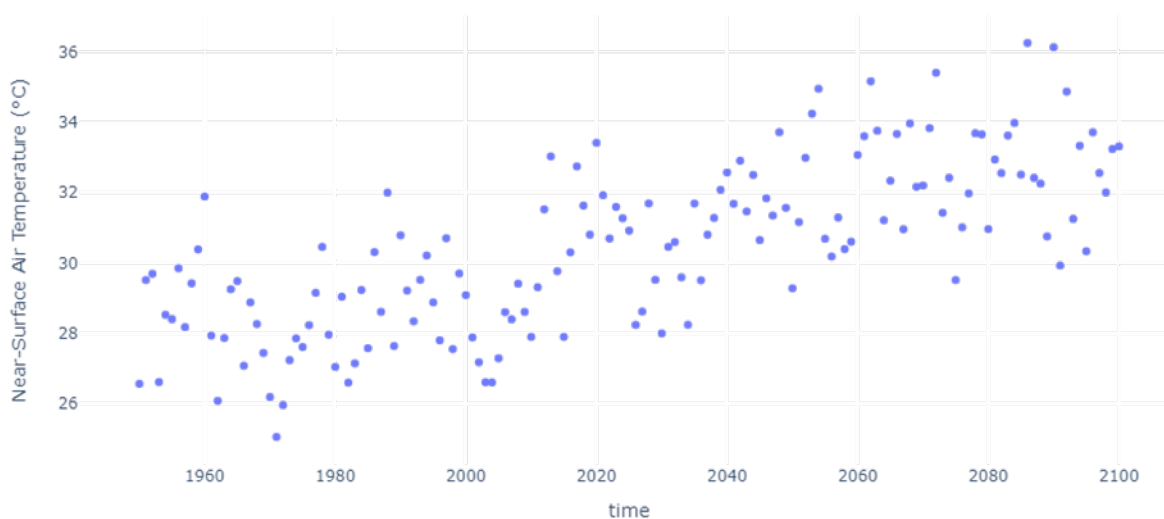


Рис. 7. Прогноз зміни температури теплих місяців (квітень-жовтень) у період до 2100 року. Сценарій RCP 4.5

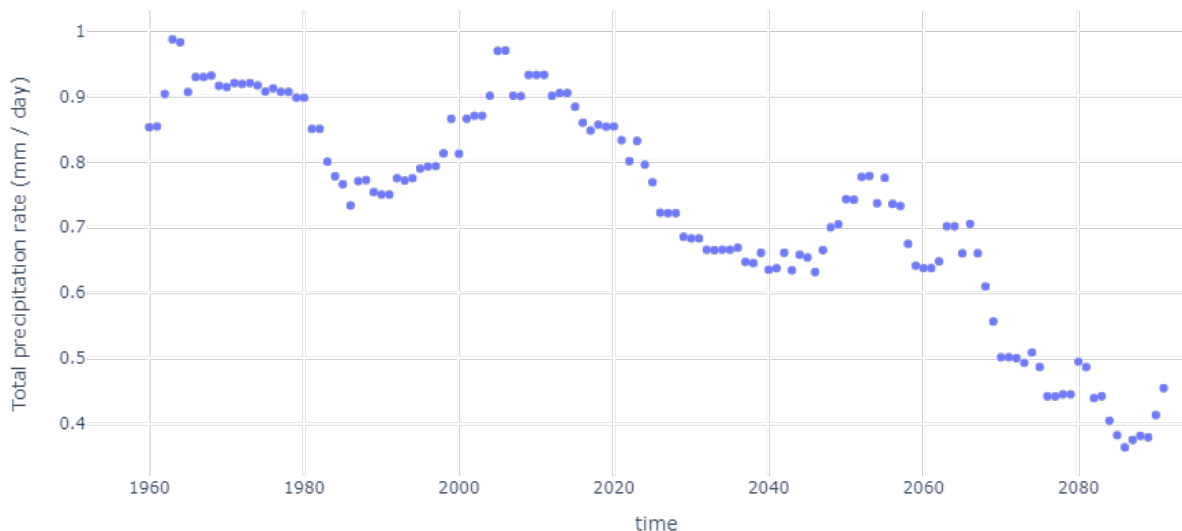


Рис. 8. Прогноз зміни кількості опадів у період до 2100 року. Сценарій RCP 8.5

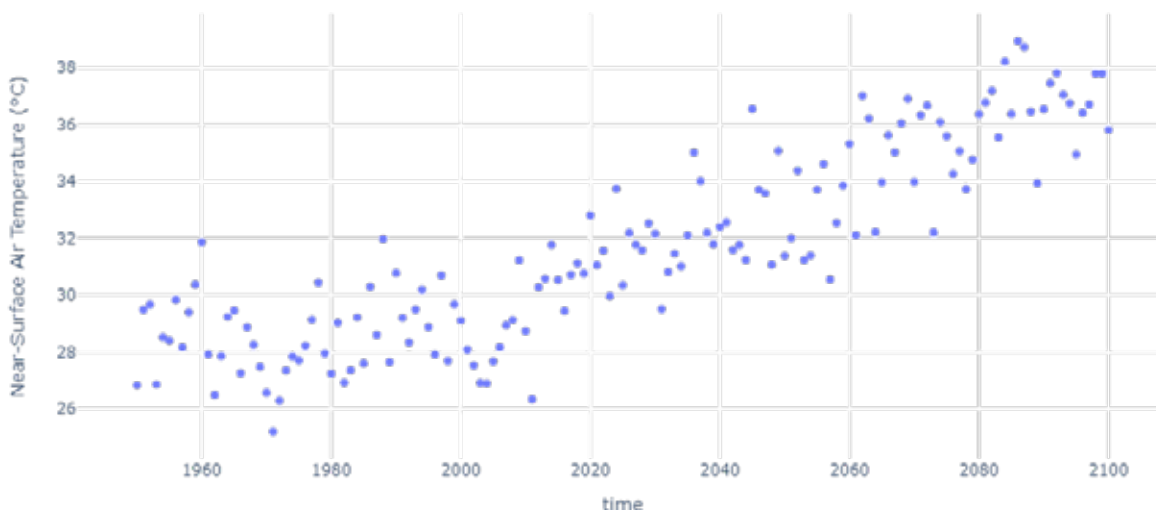


Рис. 9. Прогноз зміни температури теплих місяців (квітень-жовтень) у період до 2100 року. Сценарій RCP 8.5

ратури теплих місяців (квітень-жовтень) у період до 2100 року (рис. 9).

Прогнози зміни температури в теплі місяці (з квітня по жовтень) до 2100 року показують подальше підвищення для двох досліджуваних сценаріїв зміни клімату. З іншого боку, кількість опадів буде катастрофічно зменшуватися в обох сценаріях, які, згідно з літературними даними, є переважно спонтанними та відхиляються від традиційної сезонності опадів.

За картою пожеж за період з січня по грудень 2022 р. за даними Fire Information for Resource Management System (FIRMS) визначено їх кількість (рис 10).

На основі отриманих даних, розраховано коефіцієнт кореляції між показниками температури повітря та кількістю пожеж. За результатами розрахунку отриманий коефіцієнт кореляції є статистично надійним $r = 0.81$. Кожна точка на рис. 11 відображає один місяць, коли спостерігалася значна кількість пожеж за період 2022 р. (рис. 11).

На рис. 11 більшим значенням абсциси відповідають переважно більші значення ординати, тобто спостерігаємо позитивну кореляцію між аналізованими величинами. Числовою мірою кореляції є коефіцієнт кореляції, який найчастіше позначається r . Він може набувати значень у діапазоні $(-1; 1)$. Чим більшим є абсолютне значення коефіцієнта кореляції, тим



Рис. 10. Карта пожеж за період червень липень серпень 2022 р. за даними Fire Information for Resource Management System (FIRMS)

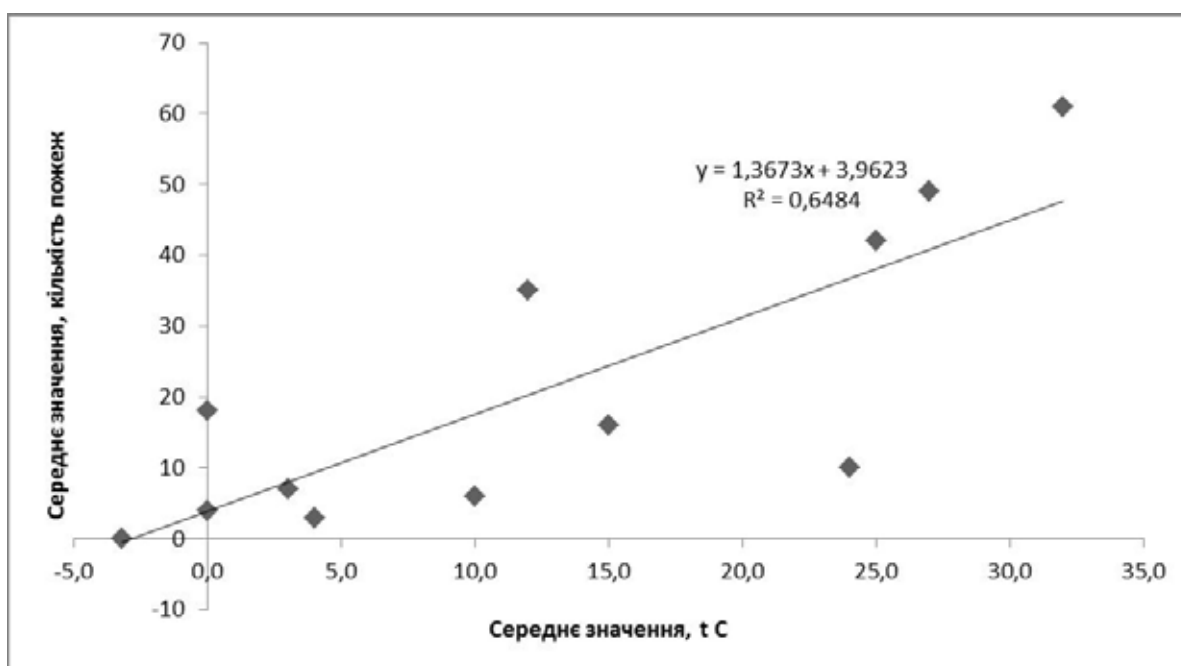


Рис. 11. Зв'язок пожеж та середніх значень спостережень температури за період січень-грудень 2022 р.

сильніше, істотніше зв'язок між двома величинами. Значенням r , близьких до -1 або $r = 1$ відповідають функціональні зв'язки. При $r = 0$ зв'язок між величинами повністю відсутній.

В цілому, коефіцієнт кореляції Пірсона добре відображає лінійний зв'язок між аналізованими параметрами, тобто такий, що графічно зображається. Отримані розрахункові дані підтверджують факт впливу зміни температури з урахуванням впливу військової дій на кількість пожеж у бік збільшення.

Розроблення рекомендацій щодо відновлення стану довкілля на засадах сталого розвитку територій постраждалих в наслідок пожеж на прикладі с. Новомикільське Луганської області, головним чином спрямовані на відновлення та створення майже природних багатовікових лісових екосистем

з вищою стійкістю до грибкових захворювань та спалахів рослиноїдних комах.

Основною метою інноваційних природоохоронних заходів з відтворення екосистем є створення різновікових полідомінантних лісових екосистем, близьких до природних, що відрізняються більш високою стійкістю до грибних хвороб і спалахів чисельності комах-фітофагів. Формування нових поколінь дерев можливо як за рахунок природного поновлення, так і шляхом створення лісових культур.

Головні висновки. Отримані розрахункові дані підтверджують факт впливу зміни температури, військової діяльності на кількісні показники повторюваності пожежі у бік збільшення. Навіть після завершення активних бойових дій на таких територіях існує підвищений ризик загорань та розповсюдження вогню через значну кількість залишених

боєприпасів і можливу їх детонацію. А заміновані території унеможливають здійснення заходів із пожежогасіння [8]. В цілому, за останні роки спостерігається підняття середньої температури і кількості пожеж та територій які постраждали від їх руйнівної сили.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані дослідницькі данні мають подальший розвиток та застосування у дослідженнях кліматичних змін на засадах сталого розвитку. Продовження робіт в даному напрямку вимагає для підвищення достовірності експертного оцінювання

по задачі, розробити процедуру переходу від безпосереднього застосування кількісних даних, до проведення визначення домінуючих зв'язків між елементами ієрархії [9, 14-16], врахування залежності між всіма елементами задачі та визначення інноваційних рішень та підходів, нормативну базу, соціальні зв'язки, які найліпшим чином забезпечать урахування довкілцевого аспекту у післявоєнній відбудові України на принципах збалансованого використання природних ресурсів і ефективного управління у напрямі збереження довкілля на засадах сталого розвитку.

Література

1. План відновлення України: веб-сайт. URL: <https://recovery.gov.ua/> (Last accessed: 19.07.2023).
2. Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення 19.07.2023 р.).
3. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Екологічна безпека». Національна Рада з відновлення України від наслідків війни. 2022. 108 с. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/environmental-safety-assembly.pdf> (дата звернення 19.07.2023 р.).
4. Решетченко А. І. Дослідження вразливості до кліматичних змін річкового стоку урбосистем на засадах сталого розвитку. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. № 3. С. 90–96. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.11> (дата звернення: 19.07.2023).
5. Repeated summer heatwaves trigger new ozone level peaks throughout Europe | Copernicus. Home | Copernicus. URL: <https://atmosphere.copernicus.eu/repeated-summer-heatwaves-trigger-new-ozone-level-peaks-throughout-europe> (date of access: 19.07.2023).
6. Приседська В., Шрамович В. Спустошені землі. Якою буде природа України після війни. <https://www.bbc.com/>. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/extra/mwu5sxghvc/ukraine_war_damaged_nature (дата звернення: 19.07.2023).
7. Huseynov R. 'Armed conflicts and the environment – Report 1', Committee on the Environment, Agriculture and Local and Regional Affairs, Azerbaijan, Alliance of Liberals and Democrats for Europe. (Parliamentary Assembly – Council of Europe).
8. Планування відновлення довкілля. Київ : Екологія. Право. Людина., 2022. 55 с. URL: http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2022/06/FIN_Planuvannya-vidnovlennya-dovkillya.pdf (дата звернення: 19.07.2023).
9. Teliura N. Development of the methodological approach to the selection of technologies for environmentally safe water drainage in populated areas. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 6, no. 10 (96). P. 55–63. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148689> (date of access: 19.07.2023).
10. Reshetchenko A., Teliura N., Lomakina O. Directions of technological and development regulatory and legal instruments of the organization environmental activity in Ukraine. *Municipal economy of cities*. 2022. Vol. 3, no. 170. P. 62–70. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-3-170-62-70> (date of access: 19.07.2023).
11. Climate Change Novonikol'skoye – meteoblue. *meteoblue*. URL: https://www.meteoblue.com/en/weather/historyclimate/change/novonikol'skoye_ukraine_699398?month=7 (date of access: 19.07.2023).
12. NASA-FIRMS. *NASA | LANCE | FIRMS*. URL: https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#t:adv;m:advanced;custom;d:2022-03-01;l:landsat,noaa20-viirs,viirs,modis_a,modis_t,grids,country-outline,protected_areas;@38.8,49.4,8z (date of access: 19.07.2023).
13. Dynamic Fire Risk Classification Prediction of Stadiums: Multi-Dimensional Machine Learning Analysis Based on Intelligent Perception / Y. Lu et al. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12, no. 13. P. 6607. URL: <https://doi.org/10.3390/app12136607> (date of access: 19.07.2023).
14. Selection Methodology of Ecological Safety Priorities of Sustainable Development Goals of Urban Agglomerations / N. Teliura et al. *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2021*. Cham, 2022. P. 941–950. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_73 (date of access: 19.07.2023).
15. Hydrogen Sensor on the Base of Nanocrystalline SiC Films / O. Semenov et al. *Smart Technologies in Urban Engineering*. Cham, 2022. P. 412–419. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_38 (date of access: 19.07.2023).
16. A Technique to Identify Technical Measures Designed to Ensure Environmentally Safe Management in Populated Areas in Ukraine / N. Teliura et al. *Smart Technologies in Urban Engineering*. Cham, 2022. P. 337–348. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_31 (date of access: 19.07.2023).