



<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/412134>
 Article received 2021.06.23
 Article accepted 2021.12.29

ISSN 1991-606X print
 ISSN 2616-5015 online
 @ ✉ Correspondence author
 Halyna Stryamets
galina.stryamets@gmail.com
 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Lviv region,
 81070, Ukraine

УДК 551.506.3:551.584.2(477.83)

Оцінка кліматичних тенденцій в Українському Розточчі за результатами динаміки плювіотермічних умов

Г. В. Стрямець¹, Т. Р. Прикладівська², В. О. Гребельна³, О. С. Скобало⁴, Н. М. Ференц⁵

Метеорологічними спостереженнями за період 2005-2020 рр. на метеостанції Природного заповідника «Розточчя» (49°55'N 23°45'E) встановлено загальні тенденції у динаміці головних кліматичних факторів – температури повітря і кількості опадів.

Аналіз місячних і сезонних параметрів опадів і температур повного шістнадцятирічного періоду показав, що сучасний клімат цієї території зазнав помітних змін порівняно з кліматом першої половини ХХ ст. (дані метеостанції Рава-Руська у північній частині Українського Розточчя – 50°14'N 23°37'E). Особливо відчутні зміни зафіксовано за останній п'ятирічний період 2016-2020 років. Відбулось істотне підвищення температури, яка за весь досліджуваний період піднялась на 2,2°C, а за останні п'ять років – на 3,2°C. Суми літніх активних температур (більше 10°C) за період 2005-2020 рр. збільшились на 15%, за 2016-2020 рр. – на 18%, а у посушливі 2015, 2017, 2019 роки ці показники зросли на 27-36%. При загальному збільшенні кількості опадів за досліджуваний період на 3,6%, відбувся несприятливий перерозподіл вологи по календарних сезонах року за рахунок зменшення її кількості у період вегетації і збільшення у холодну пору року. Якщо за архівними даними минулого століття літні опади становили 40% від річної кількості, то за період 2005-2020 рр. ця частка зменшилась до 33%, а за останнє п'ятиріччя – до 30%; відбулось не тільки зменшення літньої кількості дощів, але й зміщення їх піку з липня місяця на травень. Гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова за літні місяці 2005-2020 рр., порівняно з архівними даними, зменшився з 1,9 до 1,4; а по окремих літніх місяцях 2015, 2017 і 2019 років цей показник змінювався від мінімальних декадних значень у 0,01 до середніх місячних – від 0,1 до 0,9.

Наведені вперше для цієї території кліматичні діаграми наглядно демонструють динаміку плювіотермічних умов регіону, тобто зміни річного ходу кривих обох головних кліматичних факторів – опадів і температур. Кліматичні діаграми аномально сухих 2015, 2017 і 2019 років в Українському Розточчі нагадують середземноморський тип клімату зі значною зволоженістю перехідних сезонів і дефіцитом вологи в теплу пору року, коли літній максимум температур накладається на мінімум опадів. Виявлений дисбаланс у взаємозв'язку «температура – волога», особливо в останній п'ятирічний період, свідчить про дефіцит вологи, необхідної для розвитку рослин, і тенденцію трансформації клімату від м'якого гумідного до теплішого аридного.

Ключові слова: Природний заповідник «Розточчя»; метеостанція; типи клімату; температури повітря; опади; кліматичні діаграми; зміни клімату; аномальні кліматичні роки.

¹ Стрямець Галина Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, заступник директора з наукової роботи. Природний заповідник «Розточчя», вул. Січових Стрільців, 7, смт. Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна. Тел.: +38-032-59-333-91. E-mail: galina.stryamets@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2491-6465>

² Прикладівська Тетяна Річардівна – кандидат сільськогосподарських наук, інженер першої категорії відділу благоустрою та репродукції рослин Ботанічного саду. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-237-88-20. E-mail: prikkladivska_tet@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0265-0651>

³ Гребельна Валентина Омелянівна – молодший науковий співробітник. Природний заповідник «Розточчя», вул. Січових Стрільців, 7, смт. Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна. Тел.: +38-032-59-333-91. E-mail: zaproz25@gmail.com

⁴ Скобало Оксана Степанівна – молодший науковий співробітник. Природний заповідник «Розточчя», вул. Січових Стрільців, 7, смт. Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна. Тел.: +38-032-59-333-91. E-mail: zaproz25@gmail.com

⁵ Ференц Наталія Михайлівна – старший науковий співробітник. Природний заповідник «Розточчя», вул. Січових Стрільців, 7, смт. Івано-Франкове, Яворівський р-н, Львівська обл., 81070, Україна. Тел.: +38-032-59-333-91. E-mail: natfer@ukr.net

Вступ (Introduction). Однією із особливостей сучасного індустріального етапу розвитку людства є його масштабний антропогенний вплив на живу природу. Дослідженнями встановлено, що найбільш чутливим компонентом природних екосистем виявився рослинний світ, в якому, у випадку знищення первозданих умов місцезростання, під загрозою опиняться понад 100 тис. видів. Прогнозують, що впродовж століття у різних куточках планети може зникнути 17-35% видів, а на території Європи свій ареал можуть скоротити до 50% рослин. Протягом останніх десятиріч дедалі вагомішу частку у цих деструктивних процесах займають кліматичні зміни, вивченню і прогнозуванню яких надають уваги більшість економічно розвинених країн планети. Відповідно до загальноновизнаних світових стратегій (різноманітні програми ООН, зокрема і безпрецедентний за своїми масштабами Coupled Model Intercomparison Project) в Україні ведеться нагромадження та опрацювання фактичних даних стосовно змін клімату в різних природних зонах усієї території на основі десятків державних метеостанцій та безлічі інших вимірювальних пунктів нижчого статусу. Отримані результати свідчать, що річна температура в Україні підвищується відповідно до річної глобальної, а саме, середня річна температура за останні 100 років зросла на 0,7°C, температура січня – на 1,5-2,5°C, а прогнозоване підвищення температур в зимовий період у XXI ст. становитиме від 2,2 до 4,6°C. Разом з тим, за оцінкою Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (Intergovernmental Panel on Climate Change), Україна не належить до найуразливіших до глобального потепління регіонів нашої планети; але ті зміни, які очікуються згідно прогнозів, будуть достатньо істотними і впливатимуть на стан навколишнього середовища. Так, літні сезони у другій половині XXI ст. будуть відносно посушливими, 70% території потерпить від нестачі води, а найсуттєвішу форму кліматичного впливу будуть мати екстремальні погодні умови та явища в коротких проміжках часу і саме вони можуть призвести до відчутніших наслідків, ніж поступові тривалі зміни (Marinelli, 2006; Mager, Kasprowicz, & Farat, 2009; Дідух, 2009; Żmudzka, 2009; Woś, 2010; Паламарчук та ін., 2010; Кульбіда, Барабаш, Єлістратова, 2011; Hickler et al., 2012; Sulikowska, Wypych, Ustrnul, & Czekierda, 2016; Прокopenko, Удова, 2017; Wypych, Sulikowska, Ustrnul, & Czekierda, 2017b; Lavaysse et al., 2018).

Оскільки клімат, як сума всіх метеорологічних факторів, визначає формування та поширення рослинності в широкому та регіональному вимірах, поглиблене вивчення будь-яких природних комплексів повинно базуватись на довготривалому моніторингу за станом навколишнього середовища, невід'ємною базовою частиною якого є метеорологічна ситуація. Зазвичай приймається, що критичними кліматичними факторами, які впливають на ріст і розвиток рослин, є доступні для рослинних організмів тепло і вода. При цьому надати загальну характеристику клімату практично можливо,

якщо відомі добовий, місячний і сезонний режими опадів і температур повітря, тобто пльовіотермічні умови (Одум, 1975; Вальтер, 1982; Спурр, Барнес, 1984; Ziernicka-Wojtaszek, 2020a та ін.). Тому, спостереження навіть за таким обмеженим переліком наведених вище метеорологічних факторів, яке здійснюють впродовж тривалого періоду, дає можливість отримати достатні дані для характеристики клімату й оцінки його впливу на природу конкретного регіону. Особливо важливим є вивчення цих процесів на заповідних територіях, де вплив людини умовно можна вважати мінімальним, а охорона рідкісних і зникаючих видів потребує не тільки загальноновизнаних організаційних заходів, але й глибокого розуміння взаємозв'язків рослинних угруповань з оточуючим середовищем.

Природний заповідник «Розточчя» (ПЗ «Розточчя») створено у 1984 р. на площі 2085 га. Він знаходиться в межах фізико-географічного регіону Розточчя, яке є частиною Головного Європейського вододілу і розташоване на прикордонних територіях України та Польщі. Розточчя, як важлива складова Всеєвропейської екологічної мережі природоохоронних об'єктів, включене до багатьох міжнародних науково-дослідних програм. На сьогодні на частині Українського Розточчя знаходиться 22 об'єкти природно-заповідного фонду України загальною площею понад 22 тис. га, що складає 22% його території. ПЗ «Розточчя» є єдиним на Львівщині об'єктом найвищого рангу заповідання, а його ландшафти, як і ландшафти Польського Розточчя, переважно представлені унікальними лісовими масивами з різноманітною та рідкісною флорою і фауною (Природа Львівської області, 1972; Бовт, Стрямець, 2008; Komornicki, & Miszczuk, 2010; Maciejewski, & Szwaagrzyk, 2011; Цебриков, Грабовський, Каламуцька, Каламуцький, 2015; Львівська область..., 2018; Maciejewski, Maciejewska, & Szwaagrzyk, 2019).

Власна метеостанція, розташована в межах заповідника (49°55'N 23°45'E), дає змогу отримати дані, які максимально відповідають саме тій території, яка є об'єктом проведення комплексу різноманітних досліджень, і на належному рівні здійснювати системний екологічний моніторинг природних екосистем. Спостереження за погодою проводять з 1991 р., а їх результати відображено у Літописі природи ПЗ «Розточчя» та серії наукових статей (Косик, Скобало, 2006; Скобало, Горбань, Гребельна, 2013; Стрямець, Гребельна, Скобало, Стрямець, 2018; Стрямець, Гребельна, Скобало, 2021).

Метою роботи є аналіз пльовіотермічних (лат. *pluvia* – дощ) умов, тобто взаємозв'язку температур повітря з кількістю і характером атмосферних опадів, їх багаторічної, річної та сезонної динаміки в Українському Розточчі за період 2005-2020 років. *Об'єктом досліджень* були метеодані, отримані на метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 років. *Предмет дослідження* – локальні прояви зміни клімату в регіоні Українського Розточчя.

Об'єкти та методика досліджень (Objects and methods). Метеодані, отримані на метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 рр., включали такі показники: місячні середні, максимальні та мінімальні температури повітря, суми фізіологічно активних температур; місячні суми опадів; середньорічні температури повітря і суми опадів; середньомісячні температури та суми опадів за календарними сезонами року. За отриманими метеоданими надано комплексну оцінку взаємодії головних кліматичних факторів (температури повітря і атмосферних опадів) і встановлено тенденції змін клімату в умовах досліджуваного регіону.

Метеорологічні спостереження здійснювали за загальноприйнятими методиками і відображали у Літописах природи заповідника згідно відповідних рекомендацій (Андрієнко та ін., 2002; Аргучинцева, 2007; Літопис природи ПЗ «Розточчя», 2005-2020). Опрацювання та аналіз даних виконували у двох напрямках: 1) *за періодами*: повний період – 2005-2020 рр., останнє десятиріччя – 2011-2020 рр. та останнє п'ятиріччя – 2016-2020 рр.; 2) *за окремими роками*, для чого було вибрано роки, які мали максимальні відхилення температур і опадів від середніх даних, а тому їх оцінювали як аномальні. Зокрема, особливу увагу приділили рокам з екстремальними метеоданими – найхолоднішому 2005-му, найвологішому 2010-му та найсухішому і найтеплішому 2019-му.

Для визначення типу клімату регіону досліджень використано класифікацію, запропоновану В. Кеппеном (Köppen, W.), а, саме, її варіант 1954 р., доопрацьований Р. Гейгером (Geiger, R.), згідно якої клімат класифіковано за трьома кодовими буквами: перша вказує на приналежність до однієї з п'яти зон зимової температури, друга – до сезонного ходу дощових опадів, а третя – до однієї з трьох зон літньої температури (Блютген, 1973). Для детальнішої характеристики клімату, окрім визначення типу клімату та розгляду показників температур і опадів, додатково визначали низку параметрів із застосуванням наступних методик інших авторів: *межа посушливості для України за Г. Вільгельмі (Wilhelmy, H., 1944), індекс аридності за де Мартонном (de Martonne, E., 1926), фактор дощу за Р. Лангом (Lang, R., 1915), гідротермічний коефіцієнт за Ф. Баньюлем і Г. Госсеном (Vagnouls, F., Gaussen, H., 1957)*. Всі наведені вище показники цитовано на основі двотомної монографії Й. Блютгена (Blüthgen, J. "Allgemeine Klimogeographie", 1966) у російському перекладі 1972-73 рр. (Блютген, 1972, 1973). Крім того, для аналізу забезпечення рослин вологою впродовж періоду вегетації вираховували *суми фізіологічно активних температур* (вище 10°C) та *гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за методикою Г. Т. Селянінова (Селянінов, 1937, 1966)*.

Для інтегрального візуального зображення клімату за допомогою показників температури повітря та атмосферних опадів використано *метод кліматичних діаграм* (у спеціальній літературі переважно використовують скорочені назви – кліма-

грама, кліматограма, клімадіаграма; англійською мовою – Climograph). Для тривалих багаторічних періодів застосовано загальноприйнятну методикою Госсена-Вальтера (Gaussen, H., & Walter, H.), а для періодів 2011-2020 рр. та 2016-2020 рр. і окремих аномальних років додатково наносили криву опадів за методикою Г. Т. Селянінова для степових районів (Селянінов, 1937). З метою детальнішого аналізу отриманих даних було виконано їх порівняння з багаторічними архівними даними за першу половину ХХ ст., які наведено в «Агрокліматичному довіднику по Львівській області» за 1959 рік. Для цього обрано метеостанцію Рава-Руська, яка знаходиться у північній частині Українського Розточчя (50°14'N 23°37'E) і відзначається кліматичними умовами, що максимально наближені до умов території ПЗ «Розточчя». Крім того, для більш наочного відображення не тільки сучасного стану клімату Українського Розточчя, але й аргументованого прогнозу тенденцій його змін, наведено дані багаторічних метеоспостережень для Степової природної зони України (по метеостанціях Маріуполь та Асканія-Нова) і Півдня Європи (по метеостанціях французького м. Авіньйон та італійського м. Флоренція).

Результати (Results). Клімат регіону досліджень є перехідним від помірно-морського західноєвропейського до помірно-континентального східноєвропейського. Його достатня зволоженість, зумовлена перенесенням західних атлантичних повітряних мас, спричиняє вологу хмарну погоду, незначну амплітуду сезонних температур, помірно тепле літо та м'яку зиму (Агрокліматичний довідник..., 1959; Природа Львівської області, 1972; Львів. Комплексний атлас, 2012; Львівська область: природні умови та ресурси, 2018).

Відповідно до класифікації В. Кеппена і Р. Гейгера, за архівними метеоданими Рави-Руської територія Українського Розточчя належить до вологого континентального клімату з теплим літом: середня температура найхолоднішого місяця нижче ніж -3°C, а середня температура найтеплішого місяця не перевищує +22°C, тобто середньомісячна зимова температура не піднімається вище ніж -3°C (табл. 1). Кодове позначення цього типу клімату – Dfb.

Аналіз динаміки температури повітря у регіоні досліджень за тривалі періоди спостережень вказує на тенденцію стабільного зростання температур. Так, за досліджуваний період 2005-2020 рр. середньорічна температура повітря, порівняно з архівними даними, збільшилась на 2,2°C, а за останнє п'ятиріччя – на 3,2°C (табл. 2, 3, 4), причому зростання відбулось у всі пори року, а максимальні показники зафіксовані взимку – на 3,4°C.

Відсутніх змін зазнав також і режим зволоження. Хоча середньорічна кількість опадів у дослідні періоди або залишалась майже на рівні архівних даних, або незначно зростала, основні зміни відбулись у перерозподілі кількості опадів за сезонами року: збільшилась їхня частка у холодну пору року і зменшилась – у теплий сезон (табл. 5, 6). Так, за результатами трьох проаналізованих періодів кіль-

кість зимових опадів зросла від 14,4 до 19,2-20,9%, а от кількість літніх опадів відповідно зменшилась – з 40,4 до 33,2-29,8% від їхньої річної кількості. Порівняння балансу вологи за період інтен-

сивної вегетації показує, що найвідчутніші зміни відбулись наприкінці літа – за останнє десятиріччя кількість опадів у серпні зменшилась майже вдвічі.

Таблиця 1

Температури та опади по метеостанції Рава-Руська за період тривалих спостережень

Table 1. Average temperatures and precipitation of the Rava-Ruska weather station (in the first half of the XX century)

Метеостанція: Рава-Руська / Rava-Ruska

Країна: Річ Посполита Польська – Українська РСР – Україна / Ukraine

Координати: 50°14'N 23°37'E

Висота над рівнем моря: 240 м

Тривалість спостережень: дані різних дат і періодів від 1904 до 1957 років

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-4,1	-3,4	1,3	7,0	13,2	15,9	17,3	16,4	12,4	7,5	2,1	-2,3	Сер. 6,9
г, мм	30	34	38	53	74	100	106	84	58	53	48	40	Σ = 718

Таблиця 2

Температури і опади по метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 років

Table 2. Average temperatures and precipitation according to the Roztochya Nature Reserve weather station (for the 2005-2020 period)

Метеостанція: ПЗ «Розточчя» / Roztochya Nature Reserve

Країна: Україна / Ukraine

Координати: 49°55'N 23°45'E

Висота над рівнем моря: 290 м

Роки спостережень: 2005-2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,3	-1,0	3,2	9,7	14,2	18,2	19,7	19,2	14,6	8,9	4,3	0,7	Сер. 9,1
г, мм	50,7	38,2	46,7	41,9	108,7	86,5	98,5	61,9	60,0	50,0	47,2	54,2	Σ = 744,3

Роки спостережень: 2011-2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,1	-0,8	3,6	9,9	14,2	18,6	19,6	19,6	15,1	9,2	4,4	1,6	Сер. 9,4
г, мм	49,3	36,7	39,5	40,6	107,2	95,1	88,1	45,9	57,5	53,9	41,3	58,7	Σ = 713,6

Роки спостережень: 2016-2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,1	-1,1	4,2	10,4	14,0	19,3	19,3	19,8	15,7	9,7	4,3	1,4	Сер. 10,1
г, мм	37,3	42,4	30,4	40,2	113,9	90,1	86,5	41,5	66,4	67,3	42,5	73,4	Σ = 731,9

Детальнішу ситуацію літнього дефіциту вологи на фоні зростання температур дають показники сум фізіологічно активних температур (вище 10°C) та гідротермічні коефіцієнти, які у нашому випадку вираховувано за методиками Баньюля-Госсена та Г. Т. Селянінова.

Ф. Баньюль і Г. Госсен використали середньомісячні показники опадів (мм) і температури (°C), до котрих застосували формулу:

$$r = 2t,$$

що дало змогу виділяти, як сухі, ті місяці, в яких $r < 2t$.

Гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова – це відношення кількості опадів (ΣR) у мм за період з температурами вище 10°C до суми температур (Σt) за той же час, яка зменшена у 10 разів:

$$ГТК = \frac{\Sigma R}{0,1 \Sigma t}.$$

Значення коефіцієнта вище 1,0 свідчить про достатнє зволоження, значення від 1,0 до 0,5 – про недостатнє, а значення нижче 0,5 – про сухість клімату.

**Температури і опади по метеостанції ПЗ «Розточчя» за аномальні
2005, 2007, 2010, 2015, 2017, 2019 роки**

Table 3. Average temperatures and precipitation according to the Roztochya Nature Reserve weather station for anomalous years 2005, 2007, 2010, 2015, 2017, 2019

Метеостанція: ПЗ «Розточчя» / Roztochya Nature Reserve

Країна: Україна / Ukraine

Координати: 49°55'N 23°45'E

Висота над рівнем моря: 290 м

Рік спостережень: 2005

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-0,6	-2,3	0,0	8,8	13,4	15,6	18,6	17,5	14,4	8,7	2,7	-0,8	Сер. 8,0
г, мм	52,5	37,1	66,2	50,4	93,3	49,3	76,9	78,9	45,6	28,9	75,8	54,3	Σ = 709,2

Рік спостережень: 2007

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	3,3	-0,1	6,3	8,6	15,3	19,1	19,6	19,2	12,3	8,1	0,7	-2,4	Сер. 9,2
г, мм	87,3	50,8	43,2	12,9	71,1	92,7	95,9	43,5	69,3	34,0	57,0	21,1	Σ = 678,8

Рік спостережень: 2010

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-7,1	-2,1	3,1	9,6	15,0	18,3	20,8	20,0	12,5	5,6	6,9	-3,7	Сер. 8,2
г, мм	48,8	53,0	33,4	28,4	202,9	97,6	164,1	116,5	106,8	16,8	49,5	80,5	Σ = 998,3

Рік спостережень: 2015

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	0,2	0,7	4,6	8,3	13,6	18,1	19,8	21,5	15,8	7,5	5,1	3,3	Сер. 9,9
г, мм	47,8	15,5	39,4	26,3	114,7	102,1	82,9	5,6	67,3	46,1	103,9	25,8	Σ = 677,4

Рік спостережень: 2017

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-5,7	-0,4	6,2	8,5	14,1	18,7	19,1	20,4	14,3	9,5	3,6	1,9	Сер. 9,2
г, мм	31,6	47,0	28,6	42,4	154,1	38,5	43,6	26,1	135,3	57,4	63,9	110,0	Σ = 778,5

Рік спостережень: 2019

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,9	2,2	5,4	10,0	13,2	21,5	18,8	19,8	14,6	10,5	6,7	3,0	Сер. 10,2
г, мм	58,1	13,4	19,3	36,4	154,1	26,7	54,1	104,1	42,5	26,7	33,0	32,6	Σ = 601,0

У табл. 7 і 8 відображено суттєві відхилення показників сум фізіологічно активних температур і ГТК Селянінова від архівних даних у теплі і сухі роки. Так, у 2015, 2017, 2019 роках суми активних температур на 27-36% перевищували цей показник за першу половину ХХ ст., а ГТК, принаймні за один літній місяць, характеризував ці періоди як недостатньо вологі, сухі або дуже сухі. Критично мінімальні показники ГТК (навіть менше 0,1) зафіксовано в окремі декади літніх місяців, що ставить деякі рослинні організми практично за межу виживання.

З метою поглибленої деталізації кліматичних особливостей території, окрім застосування конкретної класифікації з наведенням прізвища автора, лаконічного словесного формулювання типу клімату та його кодового позначення, додатково обчисле-

но кілька інших показників на основі суми річних опадів і середньорічної температури повітря. Формули для розрахунку цих показників наводимо за монографією Й. Блютгена (1973).

Так, для визначення *межі посушливості для України* Г. Вільгельмі використав формулу:

$$N = 17T + 270,$$

де N – річна сума опадів, мм; T – середньорічна температура повітря, °C.

Р. Ланг використав просте співвідношення між річною сумою опадів у мм (N, мм) та середньою річною температурою (t, °C) і назвав цей показник *фактором дощу*:

$$f = \frac{N}{t}.$$

Формулу Р. Ланга дещо вдосконалив де Мартонн. Він запропонував на основі суми річних опадів (r, mm) та середньої річної температури (t, °C) розраховувати для кожного місяця, сезону або року *індекс аридності* за формулою:

$$I_{DM} = \frac{r}{t + 10}$$

Згідно до величини індексу аридності, де Мартонн виділив такі типи клімату: I_{DM} від 10 до 20 –

клімат напівсухий (семіаридний), I_{DM} від 20 до 24 – клімат середземноморський, I_{DM} від 24 до 28 – клімат напіввологий (семігумідний), I_{DM} від 28 до 35 – клімат вологий (гумідний), I_{DM} від 35 до 55 – клімат дуже вологий.

Всі ці показники дають уяву про умови вологості клімату, відмінність полягає лише у суто суб'єктивному виборі будь-якого коефіцієнта та зручності його поєднання з іншими критеріями для конкретного дослідження або регіону.

Таблиця 4

Сезонні відхилення середньомісячних температур по метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 рр. від багаторічних архівних даних

Table 4. Seasonal deviations of average monthly temperatures according to the Roztochya Nature Reserve weather station for the 2005-2020 period as compared with the archival data

Періоди спостережень, роки	Середньомісячні температури у розрізі сезонів року, t°C *				Середнє за рік
	Відхилення від архівної температури сезону або року, t°C				
	Весна, III-V	Літо, VI-VIII	Осінь, IX-XI	Зима, I, II, XII	
Метеостанція Рава-Руська / Rava-Ruska (північна частина Українського Розточчя)					
Середні за 1-шу пол. XX ст.	7,2	16,5	7,3	-3,3	6,9
Метеостанція ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR (південна частина Українського Розточчя)					
Середнє за 2005-2020	<u>9,0</u> +1,8	<u>19,0</u> +2,5	<u>9,3</u> +2,0	<u>-0,9</u> +2,4	<u>9,1</u> +2,2
Середнє за 2011-2020	<u>9,2</u> +2,0	<u>19,3</u> +2,8	<u>9,6</u> +2,3	<u>-0,4</u> +2,9	<u>9,4</u> +2,5
Середнє за 2016-2020	<u>9,5</u> +2,3	<u>19,4</u> +2,9	<u>9,9</u> +2,6	<u>0,1</u> +3,4	<u>10,1</u> +3,2

* numerator – average monthly temperature in °C; denominator – deviation of temperature from the archival temperature in °C

Таблиця 5

Відхилення у розподілі сезонної кількості опадів по метеостанції ПЗ «Розточчя» за період 2005-2020 рр. від багаторічних архівних даних

Table 5. Deviations in the distribution of seasonal precipitation according the Roztochya Nature Reserve weather station for the 2005-2020 period as compared with the archival data

Періоди спостережень, роки	Суми опадів в розрізі окремих сезонів в року, мм *				Σ за рік
	відносний показник від річної суми опадів у %				
	Весна, III-V	Літо, VI-VIII	Осінь, IX-XI	Зима, I, II, XII	
1	2	3	4	5	6
Метеостанція ПЗ «Розточчя» (південна частина Українського Розточчя) Roztochya Nature Reserve					
Середнє за 2005-2020 рр.	<u>197</u> 26,5	<u>247</u> 33,2	<u>157</u> 21,1	<u>143</u> 19,2	<u>744</u> 100
Середнє за 2011-2020 рр.	<u>187</u> 26,4	<u>229</u> 32,1	<u>153</u> 21,4	<u>145</u> 20,3	<u>714</u> 100
Середнє за 2016-2020 рр.	<u>185</u> 25,2	<u>218</u> 29,8	<u>176</u> 24,0	<u>153</u> 20,9	<u>732</u> 100
2005	<u>209,9</u> 29,6	<u>205,1</u> 28,9	<u>150,3</u> 21,2	<u>143,9</u> 20,3	<u>709,2</u> 100
2007	<u>127</u> 18,7	<u>232</u> 34,2	<u>160</u> 23,7	<u>159</u> 23,4	<u>679</u> 100
2010	<u>264,7</u> 26,5	<u>378,2</u> 37,9	<u>173,1</u> 17,3	<u>182,3</u> 18,3	<u>998,3</u> 100
2015	<u>180</u> 26,6	<u>191</u> 28,1	<u>217</u> 32,2	<u>89</u> 13,1	<u>677</u> 100

Продовж. табл. 5
Continuation of Table 5

1	2	3	4	5	6
2017	225 29,0	108 13,9	257 32,9	187 24,2	779 100
2019	210 34,9	185 30,7	102 17,0	104 17,4	601 100
Метеостанція Рава-Руська / Rava-Ruska (північна частина Українського Розточчя)					
Середні за першу половину ХХ ст. (1904-1957)	165/23,0	290/40,4	159/22,2	104/14,4	718/100
Степова зона України					
Маріуполь (1991-2020) Mariupol	116/22,1	140/26,6	127/24,1	143/27,2	526/100
Асканія-Нова (1981-2010) Askania-Nova	98/23,5	128/30,7	104/24,9	87/20,9	417/100
Південь Франції (Середземномор'я)					
Авіньйон (1981-2010) Avignon	167/24,7	114/16,8	260/38,5	135/20,0	676/100

* numerator – average seasonal precipitation in mm; denominator – in % from year sum

Таблиця 6

Порівняння балансу вологи періоду інтенсивної вегетації Українського Розточчя і Степової зони України

Table 6. Comparison of the moisture balance during the period of intensive growing season in the Ukrainian Roztochya region and in the Steppe zone of Ukraine

Метеостанції, періоди та роки досліджень	Показники кількості опадів (R mm), середньої температури (t°C) та гідротермічного коефіцієнта місяця (ГТК) за Баньюлем і Госсеном *							
	Травень – V		Червень – VI		Липень – VII		Серпень – VIII	
	R mm / t°C	ГТК	R mm / t°C	ГТК	R mm / t°C	ГТК	R mm / t°C	ГТК
Розточчя (волога, помірно тепла зона)								
Рава-Руська (1904-1957) Rava-Ruska	93/13,9	3,3	100/15,9	3,1	106/17,3	3,1	84/16,4	2,6
ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR								
2005-2020	109/14,2	3,8	87/18,2	2,4	99/19,7	2,5	62/19,2	1,6
2011-2020	114/14,0	4,0	90/19,3	2,3	87/19,2	2,3	42/19,8	1,1
2005	93,3/13,4	3,5	49,3/15,6	1,6	76,9/18,6	2,1	78,9/17,5	2,3
2007	17/15,9	0,5	92/19,1	2,4	96/19,6	2,5	44/19,2	1,1
2010	202,9/15,0	6,8	97,6/18,3	2,7	164,1/20,8	3,9	116,5/20,0	2,9
2015	115/13,6	4,2	102/18,1	2,8	83/19,8	2,1	6/21,5	0,1
2017	154/14,1	5,5	39/18,7	1,0	44/19,1	1,1	26/20,4	0,6
2019	154/13,2	5,8	27/21,5	0,6	54/18,8	1,4	104/19,8	2,6
Степ (посушлива, помірно спекотна зона з м'якою зимою)								
Маріуполь (1991-2020) Mariupol	38/1,5	1,2	56/21,2	1,3	46/23,8	1,0	37/23,2	0,8
Асканія-Нова (1981-2010), Askania-Nova	37/15,7	1,2	53/20,4	1,3	40/23,2	0,9	35/22,4	0,8

* Оцінка умов зволоження за допомогою ГТК Баньюля і Госсена: при ГТК < 1,0 – місяць вважається сухим.

* Estimating humidity conditions by Bagnouls-Gaussen hydrothermal coefficient (HTC): HTC < 1,0 – the month is considered dry

У табл. 9 представлено результати розрахунків за трьома наведеними вище формулами, але, окрім архівних даних по метеостанції Рава-Руська і результатів досліджень двох тривалих періодів по метеостанції ПЗ «Розточчя» (див. табл. 1, 2), до неї включено окремими рядками аномальні за погодними умовами роки на території Українського Розточ-

чя (див. табл. 3), а також багаторічні дані по метеостанціях Маріуполь і Асканія-Нова Степової природної зони України (табл. 10) та міст південної Європи – Авіньйону і Флоренції (табл. 11). За В. Кеппенном, середньорічні показники для Маріуполя та Асканії-Нової відповідають вологому континентальному клімату зі спекотним літом і холодною зимою

(Dfa); для Авіньюну – це середземноморський помірно теплий дощовий клімат з сухим літом і температурою найтеплішого місяця більше 22°C (Csa);

для Флоренції – це вологий субтропічний клімат з тенденцією до середземноморського зі спекотним літом і вологою холодною зимою (Cfa → Csa).

Таблиця 7

Суми фізіологічно активних температур (вище 10°C) за період вегетації для аномальних років у ПЗ «Розточчя» та за літні місяці у Степовій природній зоні України

Table 7. The sum of physiologically active temperatures (more than 10°C) during the growing season for anomalous years in the Roztochya Nature Reserve and for summer months in Nature Steppe zone of Ukraine

Місяці	Українське Розточчя						Степова зона України		
	ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR						Рава-Руська (1904-1957) Rava-Ruska	Маріуполь (1991-2020) Mariupol	Асканія-Нова (1981-2010) Asksnia-Nova
	2005	2007	2010	2015	2017	2019			
III	-	-	-	37	36	10	-		
IV	138	39	129	117	129	170	-		
V	338	465	465	401	418	342	400		
VI	469	574	528	542	562	645	477	636	612
VII	598	609	644	613	590	583	536	738	719
VIII	525	596	620	667	617	614	508	719	694
∑VI-VIII	1592	1779	1792	1882	1769	1842	1521	2093	2025
IX	391	352	367	463	410	423	372		
X	149	135	11	73	170	269	10		
XI	-	-	118	48	-	74	-		
∑III-XI	2608	2770	2882	2961	2932	3130	2303		

Таблиця 8

Середньомісячні гідротермічні коефіцієнти (ГТК) по Селянінову* за період вегетації для аномальних років у ПЗ «Розточчя» та за літні місяці у Степовій зоні України (в дужках наведені мінімальні декадні значення)

Table 8. Average monthly hydrothermal coefficient (HTC) by Sielianinov's method* during the growing season for anomalous years in the Roztochya Nature Reserve and for summer months in the Nature Steppe zone of Ukraine (in brackets, the minimal data for the ten-day period is given)

Місяці	Українське Розточчя						Степова зона України		
	ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR						Рава-Руська (1904-1957) Rava-Ruska	Маріуполь (1991-2020) Mariupol	Асканія-Нова (1981-2010) Askania-Nova
	2005	2007	2010	2015	2017	2019			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
III	-	-	-	5,6	3,7	0,9			
IV	3,7	3,3	2,2	1,1	2,1	2,1			
V	2,8	1,5	4,4	2,7	3,7	4,5			
VI	1,1 (III/0,2)	1,6 (II/0,2)	1,8 (III/0,8)	1,9 (I/0,04)	0,7 (I/0,2)	0,4 (I/0,01)	2,1	0,9	0,9
VII	1,3 (III/0,9)	1,6 (II/0,6)	2,5 (II/1,3)	1,4 (I/0,6)	0,7 (II/0,2)	0,9 (II/0,7)	2,0	0,6	0,6
VIII	1,5 (II/0,9)	0,7 (III/0,3)	1,9 (II/0,4)	0,1 (II/0,01)	0,4 (I/0,05)	1,7 (III/0,4)	1,7	0,5	0,5
Серед. VI-VIII	1,3	1,3	2,1	1,1	0,6	1,0	1,9	0,7	0,7
IX	1,2 (I/0,1)	1,8	2,9	1,5	3,3	1,0 (II/0,03)			

Продовж. табл. 8
Continuation of Table 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	1,9	2,5	0,9	5,2	3,4	1,0 (III/0,07)			
XI	-	-	2,5	13,1	-	3,3			

* Оцінка умов зволоження за допомогою ГТК Селянінова: ГТК < 0,4 – дуже сильна посуха; ГТК від 0,4 до 0,5 – сильна посуха; ГТК від 0,5 до 0,6 – середня посуха; ГТК від 0,7 до 0,9 – слабка посуха; ГТК від 1,0 до 1,5 – достатньо волого; ГТК > 1,5 – надмірно волого.

* Estimating humidity conditions by Sielianinov's HTC: HTC < 0,4 – very severe drought; HTC from 0.4 to 0.5 – severe drought; HTC from 0.5 to 0.6 – moderate drought; HTC from 0.7 to 0.9 – slight drought; HTC from 1.0 to 1.5 – sufficient humidity; HTC > 1.5 – excessive humidity.

Таблиця 9

Порівняння показників клімату Українського Розточчя, Степової зони України та Півдня Європи
Table 9. Comparative list of climate index* in the Ukrainian Roztochya region, in the Ukrainian Nature Steppe zone and in the South of Europe

Метеостанції, періоди досліджень або окремі роки	Тип клімату за Кеппеном і Гейгером	Показники клімату року t°C / R mm	Межа посушливості для України за Вільгельмі, N mm	Індекс аридності за де-Мартонном, I _{DM}	Фактор дощу за Лангом, f
Розточчя – вологий континентальний клімат з теплим літом і відносно рівномірними опадами впродовж року					
Рава-Руська / Rava-Ruska (багаторічні за першу пол. XX ст., 1904-1957)	Вологий континентальний Dfb	6,9 / 718	387	42,4	104
ПЗ «Розточчя» / Roztochya NR					
2005-2020	Dfb	9,1 / 744	423	40,0	82
2011-2020	Dfb	10,1 / 732	442	36,4	72
в тому числі:					
2005 – найхолодніший	Dfb	8,0 / 709	406	39,4	87
2010 – найвологіший	Dfb	8,2 / 998	409	54,8	121
2019 – найсухіший і найтепліший	Dfb → Dfa → → Csa	10,2 / 601	443	29,8	59
Степова зона України – вологий континентальний клімат з спекотним літом і холодною зимою					
Маріуполь / Mariupol (1991-2020)	Dfa	10,3 / 526	445	25,9	51
Асканія-Нова / Askania-Nova (1981-2010)	Dfa → BSk	10,2 / 417	443	20,1	40
Південна Європа: Авіньйон – середземноморський клімат з сухим спекотним літом і м'якою зимою, Флоренція – вологий субтропічний клімат з тенденцією до середземноморського, з спекотним літом і вологою холодною зимою					
Авіньйон / Avignon (1981-2010)	Csa	14,6 / 676	-	27,4	46
Флоренція / Florence (1971-2000)	Cfa → Csa	14,9 / 873	-	35,1	62

* Climate index from left to right: climate by Köppen-Geiger, average annual temperatures and precipitation, border of drought to Ukraine by Wilhelm, index of aridity by de Martonne, factor of rain by Lang.

Аналіз метеоданих ПЗ «Розточчя» за тривалі досліджувані періоди 2005-2020 і 2011-2020 рр. свідчить про те, що сучасний клімат цієї території цілком відповідає критеріям вологого континентального клімату Dfb, але дані останнього п'ятиріччя та кількох аномальних років показують

тенденцію його трансформації до помірно теплого дощового клімату з температурою найхолоднішого місяця вже вище від -3°C, а, іноді, й цілком теплою «плюсовою» зимою (2015, 2018, 2020 роки) і температурою найтеплішого місяця понад 10°C, тобто до кліматів групи «С».

**Температури та опади по метеостанціях Маріуполь і Асканія-Нова
(Степова природна зона України) за багаторічні періоди спостережень**

Table 10. Average temperatures and precipitation according to Mariupol and Askania-Nova weather stations (Steppe Nature zone of Ukraine) for long-term observation periods

Метеостанція: Маріуполь / Mariupol
 Країна: Україна / Ukraine
 Координати: 47°5'N 37°32'E
 Висота над рівнем моря: 22 м
 Тривалість спостережень: 1991-2020

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-2,4	-2,0	2,8	9,8	16,5	21,2	23,8	23,3	17,3	10,6	3,7	-0,9	Сер. 10,3
г, мм	47,9	42,4	39,3	38,7	38,4	56,4	46,3	37,0	44,3	33,7	49,3	52,2	Σ = 525,9

Метеостанція: Асканія-Нова / Askania-Nova
 Країна: Україна / Ukraine
 Координати: 46°27'N 33°52'E
 Висота над рівнем моря: 20 м
 Тривалість спостережень: 1981-2010

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	-1,7	-1,4	3,0	9,8	15,7	20,4	23,2	22,4	16,6	10,2	3,9	-0,1	Сер. 10,2
г, мм	27,1	27,9	27,6	33,1	37,2	52,8	40,4	35,2	34,8	29,4	40,1	31,7	Σ = 417,3

**Температури і опади по метеостанціях Авіньйон і Флоренція (Південна Європа)
за багаторічні періоди спостережень**

Table 11. Average temperatures and precipitation according to Avignon and Florence weather stations (South of Europe) for long-term observation periods

Метеостанція: Флоренція / Florence
 Країна: Італія / Italy
 Координати: 43°46'N 11°15'E
 Висота над рівнем моря: 50 м
 Тривалість спостережень: 1971-2000

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	6,5	7,5	10,3	13,0	17,7	21,4	24,6	24,6	20,5	15,5	9,9	6,8	Сер. 14,9
г, мм	60,5	63,7	63,5	86,4	70,0	57,1	36,7	56,0	79,6	104,2	113,6	81,3	Σ = 872,6

Метеостанція: Авіньйон / Avignon
 Країна: Франція / France
 Координати: 43°51'N 4°48'E
 Висота над рівнем моря: 70 м
 Тривалість спостережень: 1981-2010

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
t, °C	5,9	7,1	10,3	13,1	17,3	21,2	24,2	23,7	19,6	15,4	9,9	6,6	Сер. 14,6
г, мм	48,7	37,6	38,6	66,1	62,5	41,0	26,6	45,8	97,6	91,4	71,1	49,0	Σ = 676,0

Наведені в табл. 9 дані наглядно відображають також вологі і сухі роки регіону досліджень (див. табл. 3) та відмінність клімату Розточчя порівняно з іншими кліматичними зонами. Так, найвологіший 2010 рік має максимальні значення всіх чотирьох показників, а найсухіший 2019 – відповідно всі мінімальні значення.

Очевидна також суттєва відмінність між коефіцієнтами вологого клімату Розточчя, посушливішим кліматом Степу України (це саме природна

степова зона, а не кліматична зона степів!) та Півднем Європи.

Так, за методикою Вільгельмі за межею посухи знаходиться лише Асканія-Нова, для якої річна сума опадів у 417 мм є нижчою за вирахований показник у 443 мм. До речі, за оцінкою окремих джерел, її клімат віднесено до напівсухого степового, хоча, за розрахунками межі між континентальними кліматами групи «D» і степовими кліматами групи «BS», за методикою В. Кеппена, поріг для

Асканії-Нова становить 344 мм, а для Маріуполя – 346 мм. Тобто, за В. Кеппенем клімат цих пунктів можливо віднести до клімату степів лише у тому випадку, якби їхня річна сума опадів була меншою від вказаного порогу, а вона фактично є більшою для обох пунктів, відповідно, на 21 і 52%.

Особливої уваги під час оцінювання ступеня аридизації регіону заслуговує найсухіший і найтепліший 2019 рік, який за показниками річних температур і опадів та за фактором дощу за Р. Лангом, майже наблизився до Флоренції, а за індексом де Мартонна «не дотягнув» на 15% до Маріуполя, і лише на 9% – до Авіньйона.

Проте застосування відповідних класифікацій і схем, а також великої кількості різноманітних коефіцієнтів і формул не дає такої можливості візуального порівняння кліматичних умов різних географічних зон, як його графічне зображення. Найпростіший і найнадійніший спосіб такого зображення – поєднання на одному рисунку місячного тренду опадів та середньомісячної температури повітря (рис. 1-5). Цей метод, запропонований Г. Госсеном (Gaussen, H) і вдосконалений Г. Вальтером (Walter, H), набув широкої популярності, а інтегральне графічне зображення показників температури та атмосферних опадів отримало назву *методу кліматичних або омбротермічних* (грецьк. *ombros* – дощ), *діаграм* (Дажо, 1975; Одум, 1975; Метод клімадіаграм..., 2012; Асадулаєв, Рамазанова, Садыкова, 2013).

Представлені на рис. 1 клімаграми метеостанцій Рави-Руської та ПЗ «Розточчя» демонструють, що за досліджуваній період у регіоні Українського Розточчя відбулись зміни річного ходу обох кривих – опадів і температур. Насамперед, відбулось підвищення температур за період 2005-2020 рр. на 2,2°C. Суттєві зміни кривої опадів зумовлені переміщенням піку опадів з липня на травень, збільшення опадів у зимовий період за рахунок зменшення їх літньої кількості; підняття вгору температурної кривої особливо помітно в найхолодніші і найтепліші місяці (рис. 2). Загалом середні показники досліджуваного періоду зберігають тренд розподілу опадів для цього типу клімату, але необхідно відзначити, що в окремі роки тип кривої опадів суттєво відрізнявся від середнього. Не відзначено чіткого максимуму в літній період у 2005, 2014 і 2016 роках; нерідко крива опадів наближалась до кривої температур, а іноді навіть опускалась нижче від неї, що зафіксовано у 2015 і 2017-2020 роках. Ситуацію максимально наочно зображено на рис. 5, де наведено клімаграми аномальних років: 2005, 2007, 2010, 2015, 2017 та 2019-го. На цих рисунках криві опадів нанесено також в масштабі 10°C = 30 мм (за методикою Г. Т. Селянінова для степових районів) і виділено напівпосушливу і посушливу пори року.

Окрім аномального найвологішого 2010 р., усі інші роки переконливо демонструють несприятливий для рослинності розподіл річної суми опадів, коли у теплу пору року вегетаційні процеси гальмуються через недобір вологи. Аналіз клімаграм 2015, 2017 і 2019 років показує, що взаємодія темпера-

тури і вологи у ці аномальні роки в Українському Розточчі нагадує середземноморський тип клімату (рис. 4, див. табл. 11), основними ознаками якого є дефіцит вологи в теплу пору року та літній максимум температур, який накладається на мінімум опадів, чим визначає глибину і тривалість сухого періоду. Доповнює цю пловіотермічну картину також відсутність стійкого снігового покриву взимку, що останнім часом у регіоні досліджень спостерігається дедалі частіше. Це знижує альбедо поверхні і підвищує кількість тепла, що витрачається на нагрівання повітря, ґрунту і на випаровування.

Звичайно, за весняний і осінній періоди випадання дощів, ґрунт нагромаджує певний запас вологи, який допомагає деревній і чагарниковій рослинності переносити літню посуху. Однак відсутність вологи в теплий період, коли температури найсприятливіші для розвитку рослин, гальмує всі фізіологічні процеси. Тому сума температур, забезпечених вологою в природних умовах, фактично є значно нижчою від загальної суми температур. Такі тенденції у річному дисбалансі «температура – волога», особливо в останні десятиріччя та п'ятиріччя періоду, не можна недооцінювати, особливо враховуючи частоту, з якою ці явища повторюються.

Дискусія (Discussion). Глобальні зміни клімату, які охопили всю планету, і за останні десятиріччя дедалі виразніше проявляються на всій території України, спричиняють суттєвий вплив на природні та культурні біогеоценози. За результатами досліджень, підвищення температур, зростання або скорочення кількості опадів (залежно від сезону року), зумовлюють зміни термічного і гідрологічного режимів: зменшення річної амплітуди температур, збільшення тривалості безморозного періоду, випадання більшої кількості опадів у зимовий та весняний періоди і зменшення дощів влітку та восени, подовження вегетації, швидкий перехід від холодної пори року до теплої, відхилення від багаторічних фенологічних циклів тощо. Прогнози щодо змін клімату в Україні, не залежно від типів сценарію (оптимістичні чи песимістичні), передбачають подальше підвищення температури, перерозподіл сум річних опадів, збільшення несприятливих погодних явищ (Дідух, 2009; Паламарчук та ін., 2010; Кульбіда, Барабаш, Єлістратова, 2011; Кульбіда, Єлістратова, Барабаш, 2013; Степаненко, Польовий, Дем'янюк, Дронова, 2014; Хохлов, Єрмоленко, 2015; Прокопенко, Удова, 2017; Хохлов, Боровська, 2020 та ін.).

Негативний вплив кліматичних факторів підсилюється антропогенним впливом, що проявляється в осушенні боліт, зрубуванні лісів і розорюванні земель; останній чинник для України вважається одним із найвищих в Європі (до 60% території). По всій країні вже відбулось зростання суми активних температур приблизно на 150°C, а ізольовані сум активної температури за період 2001-2005 рр. набули меридіонального напрямку. На сьогодні кліматичні умови південного Полісся і Північного Лісостепу за сумою ефективних температур стали

такими, які були характерними для зони Степу 30 років тому. Рослинні угруповання, на відміну від тваринних, не мають можливості переміщуватися у напрямку сприятливіших для них екологічних ніш. Частина видів рослин і фітоценозів не зможе адаптуватись до нових погодних умов і протистояти інвазійним видам. Звичайно, такі біотичні

зміни будуть значно повільнішими від кліматичних, але обсяги втрат від повного зникнення частини фітобіоти прогнозуються з високою достовірністю (Барабаш, Татарчук, 2009; Паламарчук та ін., 2010; Степаненко та ін., 2014; Прокопенко, Удова, 2017; Писаренко та ін., 2019; Загорчевна, Демидюк, 2021).

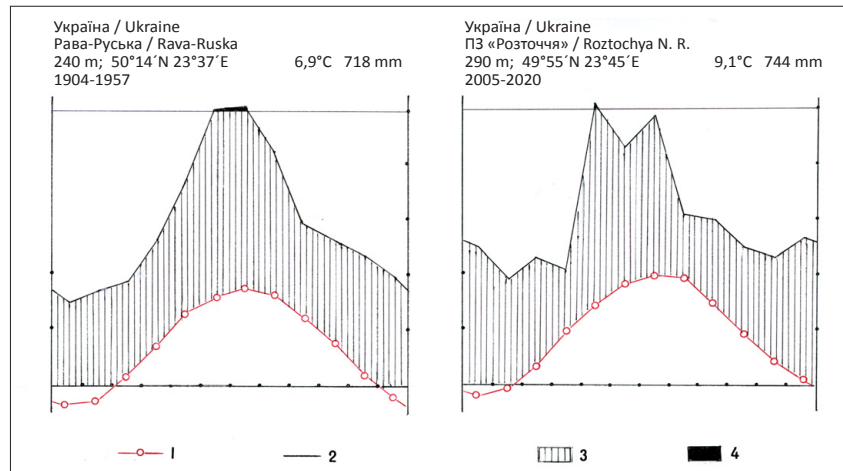


Рис. 1. Клімаграми метеостанцій: Рави-Руської – зліва (багаторічні дані за першу половину ХХ ст.) та ПЗ «Розточчя» – справа (дані за 2005-2020 роки)

Fig. 1. Climographs of Rava-Ruska weather station, archival data (to the left) and the Roztochya Nature Reserve weather station, the 2005-2020 period (to the right)

1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm; 3 – гумідний період / humid period; 4 – надмірно гумідний період / excessive humid period

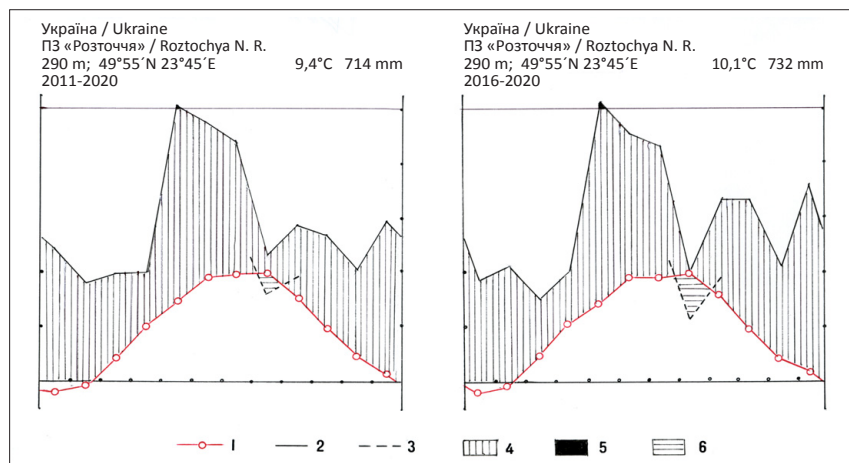


Рис. 2. Клімаграми метеостанції ПЗ «Розточчя»: зліва – середні дані за 2011-2020 роки, справа – середні дані за 2016-2020 роки

Fig. 2. Climographs of the Roztochya Nature Reserve weather station: the 2011-2020 period (to the left) and the 2016-2020 period (to the right)

1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm; 3 – опади, 10°C = 30 мм / precipitation, 10°C = 30 mm; 4 – гумідний період / humid period; 5 – надмірно гумідний період / excessive humid period; 6 – семиаридний період / semiarid period

Виявлення тенденцій у змінах кліматичних факторів не можливе без порівняння сучасних метеоданих з показниками попередніх періодів часу. Оскільки метеостанція ПЗ «Розточчя» проводить спостереження за погодою лише з 1991 року, важливою методичною складовою такого аналізу був вибір конкретного пункту спостережень не тіль-

ки з наближеними природно-кліматичними умовами, але й із наявним, більш віддаленим історичним періодом вимірювань. Перевага обраної державної метеостанції Рави-Руська полягає не тільки в тому, що спостереження тут ведуть згідно вимог Гідрометеослужби України, а також і в тому, що вона знаходиться в межах Українського Розточчя,

на відстані 35 км на північний захід від метеостанції заповідника, а її вимірювання охоплюють тривалий історичний період, починаючи з 1904 року (Агрокліматичний довідник..., 1955). Розташований значно ближче до заповідника, в 15-ти кілометрах на південний схід (49°55'N 23°57'E) на межі Українського Розточчя і Малеого Полісся, Розтоцький ландшафтно-геофізичний стаціонар Львівського національного університету імені Івана Франка (РЛГС) спочатку розглядався нами як другий додатковий пункт для порівняння метеоданих паралельно з метеостанцією Рава-Руської. Проте критична оцінка місцезнаходження Стаціонару та результатів багаторічних спостережень на ньому (Муха, 2010а; Львів. Комплексний атлас, 2012; Муха, Булавенко, Мельничук, 2014; Муха, Булавенко, Родич, 2015 та ін.) показала, що суми температур та опадів цього пункту спостережень майже не відрізняються від показників Львова (Стаціонар знаходиться лише у 8-ми кілометрах від центру міста). Тут за період 1969-2007 рр. середня річна температу-

ра становила 7,3°C, тоді як у Львові і Раві-Руській за 1961-2010 рр. відповідно 7,5 та 7,7°C. Середньорічна кількість опадів за 40-річний період на РЛГС становила 740 мм, що лише на один міліметр відрізняється від такої ж кількості у Львові (Львівська область: природні умови та ресурси, 2018). Все це і зумовило обґрунтований вибір для порівняння даних метеостанції ПЗ «Розточчя» саме з даними метеостанції Рава-Руська.

На жаль, за об'єктивними обставинами автори не мали можливості отримати метеодані по станції Рава-Руська за період 1961-1990 рр., який визнаний Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) як стандартний базовий для порівняння з сучасними даними. Однак використані для порівняння вимірювання інших періодів – як більш віддалених, так і сучасних, зокрема для Рава-Руської за 1961-2010 рр., дали змогу зробити достатньо обґрунтовані висновки про тенденції динаміки головних кліматичних факторів на території Українського Розточчя.

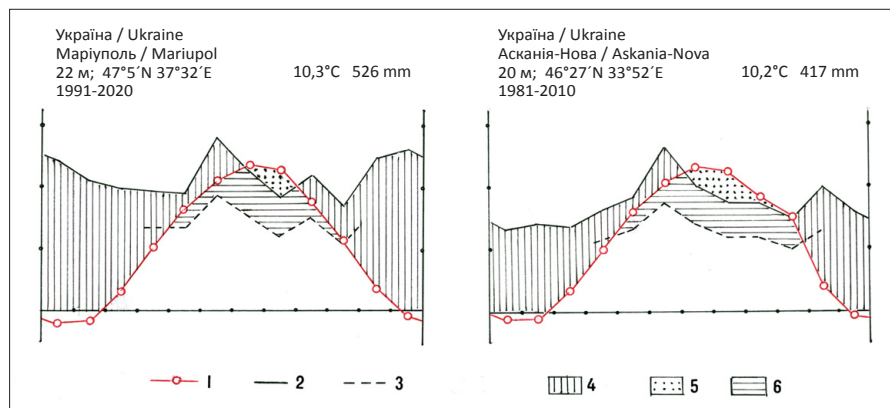


Рис. 3. Клімаграми по метеостанціях Степової природної зони України: Маріуполь (зліва) та Асканія-Нова (справа) за багаторічні періоди спостережень

Fig. 3. Climographs of Mariupol (to the left) and Askania-Nova (to the right) weather stations in Steppe Nature zone of Ukraine for long-term observation periods

- 1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm;
3 – опади, 10°C = 30 мм / precipitation, 10°C = 30 mm; 4 – гумідний період / humid period;
5 – аридний період / arid period; 6 – семіаридний період / semiarid period

Наведені у попередньому розділі показники температур та опадів по метеостанції заповідника відповідають їх трендам як для території Розточчя, так і для рівнинної частини Заходу України загалом. Так, на метеостанції Рава-Руська за період 1961-2010 рр., крім наведеної вище середньорічної температури, середня температура липня становила 18,1°C, а січня – -3,6°C, що перевищило архівні дані першої половини ХХ ст. відповідно на 0,8 і на 0,5°C (Львівська область: природні умови та ресурси, 2018).

Гідрологічний режим, порівняно з термічним, згідно локального прогнозу для України, має тенденцію до збільшення загальної кількості опадів, що є одним із проявів сучасного потепління (Хохлов, Боровська, Бондаренко, Латиш, 2010; Степаненко та ін., 2014). Спостереження на метеостанціях Волинської області упродовж 1947-2017 рр. (Тарасюк, Ганущак, 2017) показали, що наприкін-

ці 40-х років минулого століття сума опадів змінювалась в межах від 392 до 480 мм за рік, а вже на початку ХХІ ст. – від 600 до 750 мм. Однак загальний тренд збільшення кількості опадів не відображає відхилень за окремими роками, а аномально посушливі роки трапляються дедалі частіше. За період 2002-2011 рр. на території України спостережено тенденцію до збільшення частки посушливих місяців не тільки у теплий, але й у холодний період року (Кульбіда, Олійник, Паламарчук, Галицька, 2013). За нашими даними, таку ж тенденцію відзначено і в Українському Розточчі: з 2005 по 2020 роки надзвичайно сухими були осінь 2014 та зима 2006 років, відповідно по 11,5 і 11,8% опадів від річної кількості, що вдвічі менше ніж середні показники. Екстремально посушливими були січень 2006 (18,3 мм), лютий 2018 і 2019 (13,2 мм і 13,4 мм) років, що склало близько 1/3 від середньої величини опадів для цих місяців за досліджуваний період.

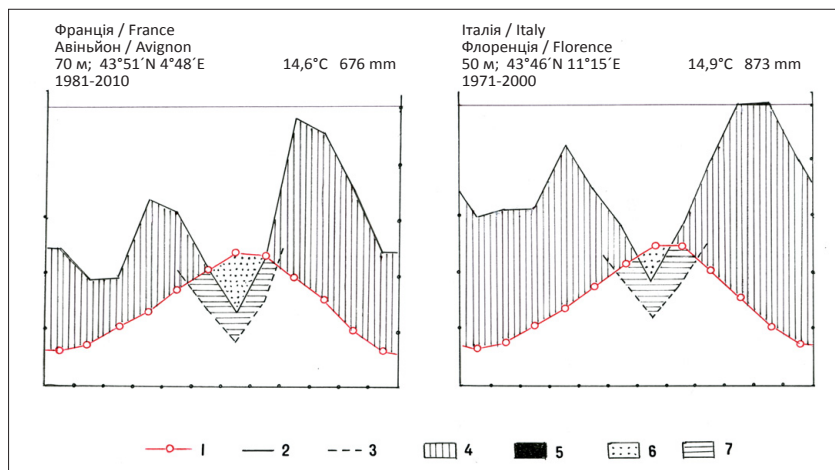


Рис. 4. Клімаграми по метеостанціях Південної Європи: Авіньйон (зліва) та Флоренція (справа) за багаторічні періоди спостережень

Fig. 4. Climographs of Avignon (to the left) and Florence (to the right) weather stations in South of Europe for long-term observation periods

1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm;
 3 – опади, 10°C = 30 мм / precipitation, 10°C = 30 mm; 4 – гумідний період / humid period; 5 – надмірно гумідний період / excessive humid period; 6 – аридний період / arid period; 7 – семиаридний період / semiarid period

Особливість останнього десятиріччя полягає у переважанні аномальних років, причому деякі з них на глобальному рівні визнані як екстремальні. Так, станом на 2016 р. Всесвітня метеорологічна організація (ВМО) визнала 2015 рік як найспекотніший за весь період спостережень і як один із найпосушливіших у північній півкулі. У 2020 році, попередній 2019 рік визнано як другий найгарячіший за весь період інструментальних вимірювань. За даними Українського гідрометеоцентра, з вересня 2019 по травень 2020 рр. на території України випало 153 мм опадів за норми 211 мм. Тобто, за цей час кількість опадів зменшилась на 35 трильйонів літрів, а це близько 10 Київських водосховищ (Надзвичайне..., 2016; Ной, Hänsel, Skalak, Ustrnul, & Vochniček, 2017; Тарасюк, Ганущак, 2017; Ной, Haensel, & Mauger, 2020; Sulikowska, & Wyruch, 2020; Закорчевна, Демидюк, 2021).

На зростання сум активних температур вказують результати досліджень на території сусідньої Польщі, що особливо суттєво проявляється на південному заході країни. Але і на південно-східних територіях, які межують з Львівщиною, частота посушливих місяців за вегетаційний період в інтервалі 1901-2000 рр. становила близько 30%; кількість вегетаційних періодів з дуже високими температурами і недостатніми опадами (порівняно з даними за 1981-2010 та 2001-2010 рр.) зростає вдвічі; а ГТК Селянінова на території Польського Розточчя, при порівнянні періодів 1931-1969 і 1981-2010 рр., знизився на 19% (Zmudzka, 2009; Ziernicka-Wojtaszek, 2012a, 2020a, 2020b).

Найвищу середньорічну температуру на Південному Розточчі України (період 1969-2015 рр.) за даними РГЛС зафіксовано у 2015 р. – +10,7°C, що зумовлено коротким зимовим періодом 2014-2015 рр. – теплим і фактично безсніжним. Також у цьому ж році були теплими і мало дощовими вес-

на і літо, а 28.08.2015 р. на Станіонарі зареєстровано максимальну температуру повітря на висоті 4 м від поверхні – +40,5°C (Муха, 2015). Серед посушливих років останнього десятиріччя дуже сухими виявились також 2016-й та 2017-й роки. За публікацією Б. Мухи та ін. (2018), у 2017 р. посуха була такою сильною, що пересохли джерела і малі річки, у садах опали недозрілі фрукти, а лелеки, за відсутності жаб, годували пташенят свійськими курчатами. Навіть на значно краще забезпеченій вологою Рівненщині сума опадів у серпні 2015 р., за даними метеостанції Рівненського природного заповідника, склала лише 5,9 мм (Горбач, 2018).

Стабільне підвищення температури повітря не могло не вплинути на температурний режим інших складових геокомплексів. Унікальні дослідження Б. Мухи (2010b) на південній межі Розточчя виявили тенденцію до зростання середньої температури ґрунту та частини ґрунтоутвірної породи на глибині до 3,2 м. Так, за 1969-2009 рр. температура сірого лісового ґрунту у товщі 0-320 см зросла на 1,6°C, що майже відповідає зростанню середньорічної температури повітря за аналогічний період. У найтепліші останні роки цього періоду (2007-2009) відбулось стабільне підвищення середньорічної температури на 1°C до глибини 0,7 м, тобто, суттєво теплішим став не тільки гумусовий, але й ілювіальний горизонт.

Наочним підтвердженням згаданих вище процесів потепління і аридизації Львівщини є кліматичні умови кількох аномальних років двох останніх десятиріч за даними метеостанції ПЗ «Розточчя» (див. табл. 3, рис. 5). Особливу увагу потрібно звернути на вегетаційний період, зокрема на ту його частину, яка забезпечена сумами фізіологічно активних температур, тобто є запорукою існування природних (ліси, луки, пасовища, болота) і штучних (захисні лісосмуги, поля сільгоспкультур, сади, зелені наса-

дження населених пунктів) рослинних угруповань. Тут, як констатують науковці і пересічні громадяни, суттєвий вплив на живу природу мають екстремальні відхилення, вплив яких визначається їх тривалістю та амплітудою. Комплексне зображення тепла і вологи на клімаграмах трьох років останнього десятиріччя показує, в яких критичних пльовіотермічних умовах відбувались фенологічні процеси. Дефіцит вологи у березні-квітні та вересні-жовтні, тривала літня посуха – все це гальмувало розвиток і

формування листків, квітнування, зав'язування і дозрівання плодів, формування вегетативних і генеративних бруньок для наступного сезону. Регулярне зменшення опадів у серпні вже фіксується на клімаграмах за 2011-2020 та 2016-2020 роки (див. рис. 2). А від серпневого дефіциту вологи значною мірою залежить розвиток не тільки надземних, але й підземних частин рослини: зокрема відмирають тонкі всмоктуючі корені, припиняється нагромадження поживних речовин (Дереза, Мовчан, Дереза, 2021).

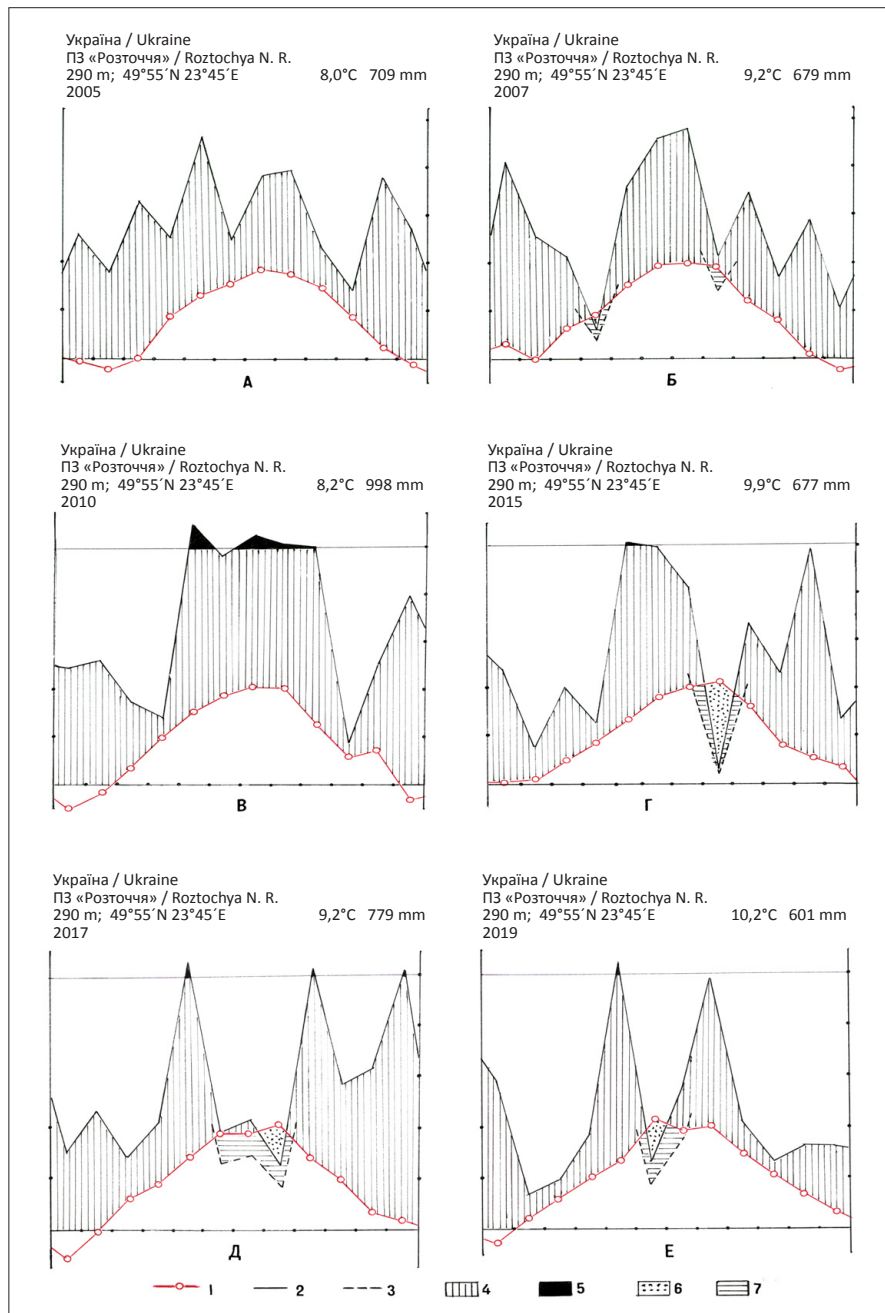


Рис. 5. Клімаграми ПЗ «Розточчя» за екстремальні 2005 (А), 2007 (Б), 2010 (В), 2015 (Г), 2017 (Д) та 2019 (Е) роки

Fig. 5. Climographs of the Roztochya Nature Reserve weather station for the years 2005 (A), 2007 (B), 2010 (B), 2015 (Г), 2017 (Д), & 2019 (E)

1 – температура, °C / temperature, °C; 2 – опади, 10°C = 20 мм / precipitation, 10°C = 20 mm;
 3 – опади, 10°C = 30 мм / precipitation, 10°C = 30 mm; 4 – гумідний період / humid period; 5 – надмірно гумідний період / excessive humid period; 6 – аридний період / arid period; 7 – семиаридний період / semiarid period

Літні періоди 2015, 2017, 2019 років – це тривожні «дзвіночки» розширення ареалу аридизації у Львівському регіоні, яка вже почала «підніматись» від низинного Полісся на височину Українського Розточчя. Обмежений обсяг публікації не дає можливості авторам глибше деталізувати отримані дані. Зокрема, окрім обраних для зображення за допомогою клімаграм шести аномальних років, було б доречним графічно зобразити всі роки останнього десятиріччя, більшість яких за річними показниками хоча і не значно відхиляються від середніх, але мають дуже несприятливі пловіотермічні умови вегетаційного періоду. Так, у 2006, 2011-2013, 2016 та 2018 роках сумарна тривалість семіаридних періодів склала від 4-х до 7-ми тижнів. А в 2020 р. тривалість аридних періодів (березень-квітень + серпень) становила шість тижнів, і це за загальної кількості опадів у 753 мм за рік, що вище за середньорічну кількість опадів періоду 2005-2020 років. Цікавими були 2013 і 2014 роки, де відносна частка суми літніх та осінніх опадів від їх середньої річної кількості повного досліджуваного періоду склали відповідно 29,5-32,0 і 11,2-20,2%, що наближає клімат цих років до клімату Степової зони України (див. табл. 10, див. рис. 3). У 2016 р. літні опади склали 24,6, а осінні – 38,3% від середньорічної суми за 2005-2020 рр., що є більше наближенням до показників клімату Південної Європи, де кількість осінніх опадів приблизно вдвічі вища, ніж літніх (див. табл. 11, див. рис. 4).

Графічне відображення пловіотермічних умов Українського Розточчя, виконане вперше для цього регіону, дає можливість наочно оцінити як погодні умови окремих років, так і динаміку клімату триваліших періодів. Продовження цієї роботи у наближеній перспективі допоможе не тільки отримати достатньо достовірну динаміку кліматичних змін завдяки тривалим термінам досліджень (20-30 років), а й також дасть можливість краще оцінити реальні загрози таких процесів для природних комплексів заповідних територій регіону і частково запобігти втратам у штучних фітоценозах. Останнє може бути здійснено підбором відповідних видів і клонів під час переходу до збільшення площ посухостійких культур в аграрному виробництві, створенні лісових насаджень зі значною часткою мезоксерофітів, зменшенні участі вологолюбних рослин в озелененні населених пунктів тощо.

Висновки (Conclusions). За даними тривалих метеоспостережень, як архівних першої половини ХХ ст. по станції Рава-Руська, так і сучасних по станції ПЗ «Розточчя», тип клімату регіону досліджень за класифікацією Кеппена-Гейгера належить до вологого континентального з температурою найхолоднішого місяця нижче ніж -3°C і середньою температурою найтеплішого місяця не вище ніж $+22^{\circ}\text{C}$, з кодовим позначенням типу – Dfb.

За багаторічними метеорологічними даними останніх періодів досліджень, потепління на теренах Українського Розточчя вже відбулось і призводить до пом'якшення холодного періоду року та від-

чутного потепління у період вегетації. Так, за 2005-2020 рр. середня температура, порівняно з архівними даними, зросла на $2,2^{\circ}\text{C}$, а за останнє п'ятиріччя 2016-2020 рр. – на $3,2^{\circ}\text{C}$. Максимальне підвищення відбулось у зимову пору року: впродовж 2005-2020 рр. – на $2,4^{\circ}\text{C}$, а за 2016-2020 рр. – на $3,4^{\circ}\text{C}$.

Відповідно відбулось зростання і суми фізіологічно активних температур. Порівняно з архівними даними, суми літніх активних температур за період 2005-2020 рр. збільшились на 231°C (15%), а за 2016-2020 рр. – на 270°C (18%). У посушливі 2015, 2017 і 2019 роки ці показники зросли на $248-321^{\circ}\text{C}$ (27-36%).

У середньорічній кількості опадів за тривалі періоди спостережень (2005-2020 і 2011-2020 рр.) не відбулось суттєвих змін: вона або залишилась наближеною до показників архіву, або дещо збільшилась. Зміни відбулись у перерозподілі опадів за календарними сезонами року за рахунок зменшення їх літньої кількості і збільшення зимової. Так, за повний досліджуваний період кількість літніх опадів скоротились з 40,4 до 33,2%, а за останнє п'ятиріччя вона склала лише 29,8% від архівних даних, що в абсолютних показниках становить 43 і 72 мм. Зимові опади за повний період і останнє п'ятиріччя збільшились відповідно на 4,8 та 6,5%. Особливо відчутним було зменшення літніх опадів у посушливі 2015, 2017 і 2019 роки – відповідно на 99, 182 і 105 мм.

Одночасне зростання температур і зменшення опадів у період активної вегетації суттєво погіршило забезпечення рослин вологою, що відображено у змінах гідротермічних коефіцієнтів. Середні показники ГТК Баньюля-Госсена в серпні за періоди 2005-2020 і 2011-2020 рр. зменшились відповідно на 38 і 58%, але критичних показників сухого місяця (ГТК < 1,0) цей коефіцієнт сягнув у 2015 і 2017 роках, склавши відповідно 0,1 і 0,6. Зменшення ГТК Селянінова за літні місяці 2005-2020 рр., порівняно з архівом, склало 26%, а по окремих літніх місяцях 2015, 2017 і 2019 років цей показник змінювався від мінімальних декадних значень у 0,01 до середніх місячних від 0,1 до 0,9, що за методикою цього автора визначає окреслені періоди як «дуже сильно сухі», «сильно сухі» і «середньо сухі».

Обчислені за сумами річних опадів і температур додаткові характеристики клімату (*межа посушливості для України* за Г. Вільгельмі, *фактор дощу* за Р. Лангом та *індекс аридності* за де Мартонном) показали, що за останнє десятиріччя межа посушливості та індекс аридності відхилились від архівних даних на 14%, а фактор дощу – на 31%. Найсухіший і найтепліший 2019 рік, за показниками річних температури і опадів та за фактором дощу за Лангом майже наблизився до клімату Флоренції, а за індексом де Мартонна «не дотягнув» на 15% до умов Маріуполя, і лише на 9% – до Авіньюна.

Порівняння клімаграм трьох досліджуваних періодів виразно показало характер змін тепла і вологи у розрізі календарних місяців року. Суттєві

зміни кривої опадів зумовлені переміщенням піку опадів з липня місяця на травень і збільшенням опадів у зимовий період за рахунок зменшення їх літньої кількості.

Характер кривих температури і вологи на клімаграмах аномальних 2015, 2017 і 2019 років нагадує середземноморський тип клімату, коли літній максимум температур накладається на мінімум опадів, що зумовлює глибину і тривалість сухого періоду.

Звичайно, один або два роки з різким відхиленням кліматичних показників від норми не можуть суттєво вплинути на багаторічну статистику. Однак частота, з якою ці аномалії повторюються в останнє десятиріччя, не може не змінювати умов середовища, що обов'язково впливає на всі елементи біогеоценозів. Рослини і тварини існують не за абстрактних середньорічних показників опадів і температур, а систематично опиняються в періодах із суттєво відмінними умовами тепла і зволоження. А тому, навіть недовготривале перебування живих організмів за межами критичних для існування умов середовища, може стати причиною незворотних втрат як окремих видів, так і цілих угруповань.

Однозначно, що на сьогодні ще зарано говорити про регіональні наслідки доволі катастрофічних кліматичних змін, але подальше підвищення температур і зменшення кількості опадів у період активної вегетації призведе до негативної динаміки плювіотермічних умов. Особливо вразливими будуть рідкісні і зникаючі види, а також аборигенні види на межі ареалу. І чи не доведеться фахівцям лісової галузі у найближчій перспективі, вслід за проблемами ялинових, дубових і соснових насаджень, «розгадувати» причини негараздів для такого виможливого до умов зволоження лісотвірного деревного виду як бук лісовий, особливо на підвищених елементах рельєфу східної межі його ареалу, зокрема і в умовах Українського Розточчя.

Список літератури (References)

Агрокліматичний довідник по Львівській області (1955). Київ: Держвидавництво сільськогосподарської літератури УРСР [Agricultural climate guide for Lviv region (1955). Kyiv: State Publishing House of Agricultural literature of USSR] (in Ukrainian)

Андриєнко, Т. Л., Попович, С. Ю., Коротченко, І. А., Гавриленко, В. С., Думенко, В. П., Прядко, О. І., Парчук, Г. В. (2002). *Програма Літопису природи для заповідників та національних природних парків*. Київ: Академперіодика [Andriienko, T.L., Popovych, S.Yu., Korotchenko, I.A., Gavrilenko, V.S., Dumenko, V.P., Priadko, O.I., & Parchuk, H.V. (2002), *Programme of the Nature Chronicle for Nature Reserves and National Nature Parks*. Kyiv: Academic Periodicals. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v465_737-02#Text] (in Ukrainian)

Аргучинцева, А. А. (2007). *Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений*. Иркутск: Издательство Иркутского Государственного университета [Arguchintseva, A.A. (2007). *Methods of statistical processing of hydrometeorological observations*. Irkutsk: Irkutsk State University Press] (in Russian)

Асадулаев, З. М., Рамазанова, З. Р., Садыкова, Г. А. (2013). Сравнительная оценка климадиаграмм и их модификаций при интерпретации ботанических исследований. *Вестник Дагестанского научного центра. Химия и биология*, 50, 42-48. [Asadulaev, Z.M., Ramazanova, Z.R., & Sadykova, G.A. (2013). Comparative evaluation of climographs and their modifications in the interpretation of botanical studies. *Bulletin of Dagestan Scientific Center. Chemistry and Biology*, 50, 42-48. Retrieved from www.vestnikdns.ru/IssSources/50/Asagullaev.pdf] (in Russian)

Барабаш, М. Б., Татарчук, О. Г., Гребенюк, Н. П., Корж, Т. В. (2009). Практичний напрямок досліджень зміни клімату в Україні. *Фізична географія та геоморфологія*, 57, 28-35. [Barabash, M., Tatarshuk, O., Grebenjuk, N., & Korzh, T. (2009). Practical direction of research on climate change in Ukraine. *Physical Geography and Geomorphology*, 57, 28-35. Retrieved from http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/5813/1/2009_Збірник_Геоморфологія_КГУ.pdf] (in Ukrainian)

Блютген, И. (1972). *Климаты земного шара, Т. 1*. Москва: Прогресс [Blüthgen, J. (1972). *Climate of the Globe. V. 1*. Moscow: Progress] (in Russian)

Блютген, И. (1973). *Климаты земного шара, Т. 2*. Москва: Прогресс [Blüthgen, J. (1972). *Climate of the Globe. V. 2*. Moscow: Progress] (in Russian)

Бовт, Я. С., Стрямець, Г. В. (2010). Історія заповідної справи та природничих досліджень на Розточчі. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 2010, 20(16), 7-12. [Bovt, Ya. & Stryamets, G. (2010). History of the nature protected areas management in Roztochya region. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20 (16), 7-12. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_16/7_Bov.pdf] (in Ukrainian)

Вальтер, Г. (1982). *Общая геоботаника*. Москва: Мир [Walter, H. (1982). *General Geobotany*. Moscow: Mir] (in Russian)

Горбач, О. (2018). Аналіз кліматичних умов Рівненського природного заповідника за 2000-2015 рр. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 52, 53-56. [Horbach, O. (2018). Analysis of climate of Rivnenskyi Nature Reserve during the period from 2000 to 2015. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 52, 53-60. <https://dx.doi.org/10.30970/vgg.2018.52.10168>] (in Ukrainian)

Дажо, Р. (1975). *Основы экологии*. Москва: Прогресс [Dajoz, R. (1975). *Basis of Ecology*. Moscow: Progress] (in Russian)

Дереза, О. О., Мовчан, С. І., Дереза, С. В. (2021). Вплив змін клімату на плодові сади. *Плодовий*

- сад – новітнє в теорії та практиці: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції (Мелітополь, 18 червня 2021 р.), с. 18-21. Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Д. Моторного [Dereza, O., Movchan, S., & Dereza S. (2021). Influence of climate changes on orchards. In Proceedings of the 5th All-Ukrainian Scientific-Practical Conference *Fruit Garden – the new facts in theory and practice*, 18-21. Melitopol, Ukraine: Tavriya State Agrotechnological University named after D. Motorny. Retrieved from <https://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/15328>] (in Ukrainian)*
- Дідух, Я. (2009). Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Бюлетень Національної академії наук України*, 2, 34-44. [Didukh, Ya. (2009). Ecological aspects of the global climate changes: causes, consequences and measures to be taken. *Bulletin of the National Academy of Science of Ukraine*, 2, 34-44. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnu_2009_2_12] (in Ukrainian)
- Закорчевна, Н.Б., Демидюк, Ю.С. (2021). Вплив зміни клімату в Україні на сільське господарство. *Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry*. In Proceedings of the International scientific and practical conference (Lublin, June 2-3, 2021), 195-200. Lublin, Poland: Baltija Publishing [Zakorchevna, N., & Demydiuk, Yu. (2021, Juli). *Influence of climate changes on agriculture in Ukraine*. In Proceedings of the International scientific and practical conference «Challenges, threats and developments in biology, agriculture, ecology, geography, geology and chemistry». Lublin, Poland: Baltija Publishing. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-111-4-46>] (in Ukrainian)
- Косик, Л.Б., Скобало, О.С. (2006). Кліматична та фенологічна характеристика Природного заповідника “Розточчя”. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 32, 82-86. [Kosyk, L.B., & Skobalo, O.S. (2006). Climatic and phenological characteristics of the Roztochze Nature Reserve. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 32, 82-86. Retrieved from http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Lisove-gospodarstvo-l-p-d-promyslovist/2006_32/82_Kosyk_LG_32.pdf] (in Ukrainian)
- Кульбіда, М.І., Барабаш, М.Б., Єлістратова, Л.О. (2011). Прогноз змін клімату України на початку XXI століття. *Наукові записки Вінницького педагогічного університету. Серія Географія*, 23, 10-17 [Kulbida, M., Barabash, M., & Elistratova, L. (2011). Climate change forecast for Ukraine in the early XXI century. *Scientific Papers of Vinnica Pedagogical University. Geographical series*, 23, 10-17. Retrieved from https://nbuv.dov.ua/UJRN/Nzvdpu_geogr__2011_23_4] (in Ukrainian)
- Кульбіда, М.І., Єлістратова, Л.О., Барабаш, М.Б. (2013). Сучасний стан клімату України (Електронний ресурс). *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*, 35, 118-130. [Kulbida, M.I., Elistratova, L.O., & Barabash, M.B. Current climate conditions in Ukraine. *Problems of the environment protection and ecological safety*, 35, 118-130. Retrieved from https://nbuv.dov.ua/UJRN/Ponp_2013_35_14] (in Ukrainian)
- Кульбіда, М.І., Олійник, З.Я., Паламарчук, Л.В., Галицька, Є.І. (2013). Аналіз режиму опадів на території України за десятиріччя 2002-2011 рр. *Фізична географія та геоморфологія*, 1 (69), 127-138. [Kulbida, M., Oliynyk, Z., Palamarchuk, L., & Galyska, E. (2013). Precipitation regime in Ukraine for the decade 2002-2011. *Physics Geography and Geomorphology*, 1 (69), 127-138. Retrieved from https://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2013_1_17] (in Ukrainian)
- Літоніс природи / Природний заповідник «Розточчя»*, смт. Івано-Франкове, 2005-2020. Кн. 24-35 [Chronicle of Nature. “Roztochya” Nature Reserve. Ivano-Frankove settlement. Books 24-25] (in Ukrainian)
- Львів. Комплексний атлас* (2012). Київ: Картографія. [Lviv. Complex Atlas. (2012). Kyiv: Mapping] (in Ukrainian)
- Львівська область: природні умови та ресурси* (2018). Львів: Вид-во Старого Львова. [Lviv region. Nature conditions and Resources. (2018). Lviv: Old Lviv Publishing House] (in Ukrainian)
- Львовская область. Атлас*. (1989). Москва: Главное управление геодезии и картографии при Совмине СССР [The Lviv region. Atlas. (1989). Moscow: Main Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers of the USSR] (in Russian)
- Метод клімадіаграм за Госсеном-Вальтером* (2012). Харків: Харківська національна академія міського господарства [Method of Climograph. (2012). Kharkov: Kharkov National Academy of City Economy. Retrieved from <https://eprints.kname.edu.ua/25895/1/2010%20печ.%2091М%20Клімадіаграми.pdf>] (in Ukrainian)
- Муха, Б. (2010а). *Розтоцький ландшафтно-геофізичний стаціонар*. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка [Mucha, B. (2010а). *Rostochye Landscape Geophysical permanent study area*. Lviv: Publishing center of the Ivan Franko Lviv National University. Retrieved from <https://geography.lnu.ua/wp-content/uploads/2017/02/монографія-РЛГС.pdf>] (in Ukrainian)
- Муха, Б.П. (2010b). Динаміка температури сірого лісового ґрунту у Південному Розточчі. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 20 (16), 69-74. [Mucha, B. (2010b). Dynamics of temperature of grey forest soil in South Roztocha. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 20 (16), 69-74. Retrieved from https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_16/69_Much.pdf] (in Ukrainian)
- Муха, Б., Булавенко, І., Мельничук, М. (2014). Випаровування в Українському Розточчі за матеріалами Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 48, 117-124. [Mucha, B., Bulavenko, I., Melnychuk, M. (2014). Evaporation in Ukrainian Roztochcha for materials of Roztochze landscape-geophysical station. *Visnik Lvivskogo universitetu. Seriya geografichna*, 48, 117-124. [Mucha, B., Bulaven-

- ko, I., & Melnychuk, M. (2014). Evaporation in Ukrainian Roztochya (based on the materials of the Rostochia landscape-geophysical permanent study area. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 48, 117-124. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2014.48.1299>] (in Ukrainian)
- Муха, Б., Булавенко, І., Родич, О. (2015). Температура повітря у південному Розточчі. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 2015, 49, 239-245. [Mucha, B., Bulavenko, I., & Rodych, O. (2015). Air temperature in Southern Roztochya. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 49, 239-245. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2015.49.8637>] (in Ukrainian)
- Муха, Б., Кулачковський, Р., Родич, О., Притула, І., Чалик, В., Чернявський, М. (2018). Аридизація рівнинної Львівщини і західного регіону України. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 52, 210-215. [Mukha, B., Kulachkovsky, R., Rodych, O., Prytula, O., Chalyk, V., & Cherniavski, M. (2018). The aridity of the plain part of Lviv region and Western Ukraine. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 52, 210-215. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2018.52.10186>] (in Ukrainian)
- Надзвичайне глобальне потепління триває (2016). Інформаційний сервер погоди Українського гідрометеорологічного центру. [Extraordinary Global Warming Continues. State Service of Ukrainian Meteorological Center. Retrieved from <http://meteo.gov.ua/ua/33345/zmi/articles/read/266>] (in Ukrainian)
- Одум, Ю. (1975). *Основи екології*. Москва: Мир [Odum, E.P. (1975). *Fundamentals of Ecology*. Moscow: Pease] (in Russian)
- Паламарчук, Л.В., Гнатюк, Н.В., Краковська, С.В., Шедєменко, І.П., Дюкель, Г.О. (2010). Сезонні зміни клімату в Україні в ХХ столітті. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*, 259, 104-120. [Palamarchuk, L.V., Gnatiuk, N.V., Krakovska, S.V., Shedemenko, I.P., & Diukel, G.O. (2019). Seasonal climate change in Ukraine in the 21st century. *Proceedings of Ukrainian Research Hydrometeorological Institute*, 259, 104-120. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/296196681_Sezonni_zmini_klimatu_v_Ukraini_v_XXI_stolitti] (in Ukrainian)
- Писаренко, В.М., Писаренко, П.В., Писаренко, В.В., Горб, О.О., Чайка, Т.О. (2019). Посухи в контексті змін клімату України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 1, 134-146. [Pysarenko, V.M., Pysarenko, P.V., Pysarenko, V.V., & Chayka, T.O. (2019). Droughts and climate changes in Ukraine. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 1, 134-146. Retrieved from https://nbuv.gov.ua/UJRN/VPDA_2019_1_7] (in Ukrainian)
- Природа Львівської області (1972). Львів: Видво Львівського університету [Nature of Lviv region (1972). Lviv: Lviv University Publishing Office] (in Ukrainian)
- Прокопенко, К.О., Удова, Л.О. (2017). Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*, 1, 92-107. [Prokopenko, K., & Udova, L. (2017). Ukrainian agriculture: challenges and ways of development under conditions of the climate change. *Economics and prognosis*, 1, 92-107. <https://doi.org/10.15407/eip2017.01.092>] (in Ukrainian)
- Селянинов, Г.Т. (1937). Методика сельскохозяйственной характеристики климата. В кн.: *Мировой агро-климатический справочник*. Ленинград-Москва: Гидрометеорологическое издательство. С. 5-27. [Sielianinov, G. (1937). Method for Agricultural Characteristic of Climate. In *World Agricultural and Climate Guide* (pp. 5-27). Leningrad-Moscow: Hydrometeorological Publishing] (in Russian)
- Селянинов, Г.Т. (1966). *Агроклиматическая карта мира*. Ленинград: Гидрометеоздат [Sielianinov, G. (1966). *Agricultural World Climate Map*. Leningrad: Hydrometeorological Publishing House] (in Russian)
- Скобало, О., Горбань, І., Гребельна, В. (2013). Фенокліматична періодизація в заповіднику «Розточчя». *Вісник Львівського університету. Сер. Біологічна*, 63, 98-109. [Skobalo, O., Horban, I., & Hrebelna, V. (2013). Phenoclimatic periodization in the Roztocze Nature Reserve. *Visnyk of Lviv university. Biological series*, 63, 98-109. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2013_63_13] (in Ukrainian)
- Спурр, С.Г., Барнес, Б.В. (1984). *Лесная экология*. Москва: Лесная промышленность [Spurr, S., & Barnes, B. (1984). *Forest Ecology*. Moscow: Forest Industry] (in Russian)
- Степаненко, С.М., Польовий, А.М., Дем'янюк, О.С., Дронова, О.О. (2014). Зміни режиму опадів в Україні. *Агроєкологічний журнал*, 2, 10-16. [Stepanenko, S., Polyovuj, A., Demyanyuk, O., & Dronova, O. (2014). Changes in Precipitation Regime in Ukraine. *Agroecological Journal*, 2, 10-16. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2014_2_4] (in Ukrainian)
- Стрямець, Г.В., Гребельна, В.О., Скобало, О.С., Стрямець, С.П. (2018). Локальні прояви змін клімату на прикладі природного заповідника «Розточчя». *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 28 (11), 24-27. [Stryamets, G.V., Hrebelna, V.O., Skobalo, O.S., & Striamets, S.P. (2018). Local manifestations of climate change in the case of the nature reserve "Roztochya". *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28 (11), 24-28. <https://doi.org/10.15421/40281104>] (in Ukrainian)
- Стрямець, Г.В., Гребельна, В.О., Скобало, О.С. (2021). Основні характеристики температурного режиму повітря Розточчя в розрізі тривалих і короткочасних змін. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 31 (1), 14-19. [Stryamets, G.V., Hrebelna, V.O., & Skobalo, O.S. (2021). The main characteristics of the air temperature regime of Roztochya in terms of long-term and short-term changes. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 31 (1), 14-19. <https://doi.org/10.36930/40310102>] (in Ukrainian)
- Тарасюк, Н., Ганущак, М. (2017). Режим атмосферного зволоження ґрунтів Волині в умовах сучас-

- ного клімату. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 51, 322-330. [Tarasyuk, N., & Hanushchak, M. (2017). Regime of atmospheric moistening of Volyn soils in the conditions of current climate. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 51, 322-330. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2017.51.8894>] (in Ukrainian)
- Хохлов, В. М., Боровська, Г. О., Бондаренко, В. М., Латиш, Л. Г. (2010). Регіональні аспекти змін клімату на Україні. *Вестник Гидрометцентра Черно-го и Азовского морей*, 1 (11), 24-32. [Khokhlov, V., Borovska, G., Bondarenko, V., & Latysh, L. (2010). Regional aspects of climate changes in Ukraine. *Bulletin of Hydrological and meteorological center of the Black sea and the sea of Azov*, 1 (11), 24-32. Retrieved from <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/2974/1/2010-vgcam-11-24.pdf>] (in Ukrainian)
- Хохлов, В. М., Єрмоленко, Н. С. (2015). Майбутні зміни клімату та їх вплив на режим опадів та температури в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*, 16, 76-82. [Khokhlov, V., & Yermolenko, N. (2015). Future changes in climate and their influence for on the precipitation regime and temperatures in Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 16, 76-82. Retrieved from https://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggi_2015_6_12] (in Ukrainian)
- Хохлов, В. М., Боровська, Г. О., Замфірова, М. С. (2020). Кліматичні зміни та їх вплив на режим температури повітря і опадів в Україні у перехідні сезони. *Український гідрометеорологічний журнал*, 26, 60-67. [Khokhlov, V. M., Borovska, H. O., & Zamfirova, M. S. (2020). Climatic changes and their influence on air temperature and precipitation in Ukraine during transitional seasons. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 26, 60-67. doi:10.31481/uhmj.26.2020.05] (in Ukrainian)
- Цебриков, П., Грабовський, Т., Каламуцька, В. Каламуцький, К. (2015). *Розточчя. Біорізноманіття і культурна спадщина. Туристично-природнича карта. Ч. 3. Звезинець: Розточанський національний парк* [Tsebrikov, P., Grabovskii, T., Kalamutskaya, V., & Kalamutskiy, K. (2015). *Roztochyha. Biodiversity and Culture Legacy. Touristic and Local Lore Map. Part 3. Zwierzyniec: Poztochyha National Park*] (in Ukrainian)
- Bokwa, A., & Skowera, B. (2009). Występowanie ekstremalnych warunków pluwialnych w Krakowie i okolicy w latach 1971-2005. *Acta Agrophysica*, 13 (2), 299-310. [Bokwa, A., & Skowera, B. (2009). Extreme pluvial conditions in Cracow and its surroundings in the years 1971-2005. *Acta Agrophysica*, 13 (2), 299-310. Retrieved from <http://www.acta-agrophysica.org/Issue-2-2009,7390>] (in Polish)
- Botti, D. (2018). A phytoclimatic map of Europe. *Cybergeo. European Journal of Geography*, 867. <https://doi.org.10.3000/cybergeo.29495>
- Hickler, T., Vohland, K., Feehan, J., Miller, P. A., Smith, B., Costa, L., ... Sykes, M. T. (2012). Projecting the future distribution of European potential natural vegetation zones with a generalized, tree species-based dynamic vegetation model. *Global Ecology and Biogeography*, 21, 50-63. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00613.x>
- Hoy, A., Hänsel, S., Skalakov, P., Ustrnul, Z., & Bochníček, O. (2017). The extreme European summer of 2015 in a long-term perspective. *International Journal of Climatology*, 37, 943-962. <https://doi.org/10.1002/joc.4751>
- Hoy, A., Haensel, S., & Mauger, M. (2020). An endless summer: 2018 heat episodes in Europe in the context of secular temperature variability and change. *International Journal of Climatology*, 40 (6026). <https://doi.org/10.1002/joc.6582>
- Komornicki, T., & Miszczuk, A. (2010). Eastern Poland as the borderland of the European Union. *Quaestiones Geographicae*, 29 (2), 55-69. <https://doi.org/10.2478/v10117-010-0014-5>
- Krawczyk, R., Kierzek, R., & Adamczewski, K. (2015). Changes in weed infestation of spring barley depending on variable pluvio-thermal conditions. *Acta Agrobotanica*, 68 (3), 233-240. <https://doi.org/10.5586/aa.2015.027>
- Lavaysse, C., Cammalleri, C., Dosio, A., van der Schrier, G., Toreti, A., & Vogt, J. (2018). Towards a monitoring system of temperature extremes in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 91-104. <https://doi.org/10.5194/nhess-18-91-2018>
- Maciejewski, Z. & Szwagrzyk, J. (2011). Long-term changes in stand composition of natural forest associations on the Roztocze Highlands (Eastern Poland). *Polish Journal of Ecology*, 59 (3), 535-549. Retrieved from www.researchgate.net/publication/275887143_long-term_changes_in_stand_composition_of_natural_for
- Maciejewski, Z., Maciejewska, E., & Szwagrzyk, J. (2019). Long term dynamics of the population in ancient forest of the Roztoczański National Park. In Poster of the International Conference *Forests at risk: Białowieża and beyond*, (2019, February). Warsaw. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/333718855_Long-term_dynamics_of_tree_populations_in_ancient_forests_of_the_Roztoczański_National_Park
- Mager, P., Kasprówicz, T., & Farat, R. (2009). Change of air temperature and precipitation in Poland in 1966-2006. *Acta Agrophysica*, 169 (1), 19-38. Retrieved from www.old.acta-agrophysica.org/artykuly/acta_agrophysica/ActaAbr_183_2010_4_1_264.pdf
- Marinelli, J. *Wielka encyklopedia roślin* (2006). Warszawa: Świat Książki. 503 s. [Marinelli, J. Jan. red. (2006). *Big Encyclopedia of Plants*. Warszawa: World of Book] (in Polish)
- Sulikowska, A., Wypych, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2016). Zmienność Zasobów termicznych w Polsce w aspekcie obserwowanych zmian klimatu. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 15 (2), 127-139. [Sulikowska, A., Wypych, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2016). Variability of ther-

- mal resources in Poland as a result of ongoing climate change. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 15 (2), 127-139. <http://dx.doi.org/10.15576/ASP.FC/2016.15.2.127> (in Polish)
- Sulikowska, A., & Wypych, A. (2020). How Unusual were June 2019 Temperatures in the Context of European Climatology? *Atmosphere*, 11, 697. <https://doi.org/10.3390/atmos11070697>
- Szwed, M., Karg, G., Pińskwar, I., Radziejewski, M., Graczyk, D., Kędziora, A., & Kundzewicz, Z.W. (2010). Climate change and its effect on agriculture, water resources and human health sectors in Poland. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10, 1725-1737. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1725-2010>
- Woś, A. (2010). Outline of the problem of research into climate change on the basis of the results of ground-based meteorological observations in Poznań, Poland. *Quaestiones Geographicae*, 29 (1), 85-89. <https://doi.org/10.2478/v10117-010-0009-2>
- Wypych, A., Sulikowska, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2017a). Temporal variability of summer temperature extremes in Poland. *Atmosphere*, 8 (3), 51. <https://doi.org/10.3390/atmos8030051>
- Wypych, A., Sulikowska, A., Ustrnul, Z., & Czekierda, D. (2017b). Variability of growing degree days in Poland in response to ongoing climate changes in Europe. *International Journal Biometeorology*, 61, 49-59. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1190-3>
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012a). Porównanie wybranych wskaźników oceny suszy atmosferycznej na obszarze województwa Podkarpackiego (1901-2000). *Woda-Środowisko-Obszary wiejskie*, IV-VI, 12, 2 (38), 365-367. [Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012). Comparison of selected indices for the assessment of atmospheric drought in the Podkarpackie Province in the years 1901-2000. *Water-Environment-Rural areas*, IV-VI, 12, 2 (38), 365-367. Retrieved from <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BATC-0008-0062>] (in Polish)
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012b). Cyrkulacyjne uwarunkowania susz rolniczych w województwie Podkarpackim. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2 (III), 153-162. [Ziernicka-Wojtaszek, A. (2012). Atmospheric circulation conditions of agricultural droughts in the Podkarpackie Province. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*, 2 (III), 153-162. Retrieved from <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-c1a8e513-5e76-4537-8083-64c919c5ebba>] (in Polish)
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2020a). Pluviothermal Regionalization of Poland in Light of Present-Day Climate Change. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29 (1), 989-996. <https://doi.org/10.15244/pjoes/99976>
- Ziernicka-Wojtaszek, A. (2020b). Pluvio-thermal conditions pertaining to vegetation of key crops in south-eastern Poland 1901-2010. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18 (1), 839-848. Retrieved from www.aloki.hu/pdf/1801_839848.pdf
- Żmudzka, E. (2009). Współczesne zmiany klimatu Polski. *Acta Agrophysica*, 13 (2), 555-568. [Żmudzka, E. (2009). Contemporary changes of climate of Poland. *Acta Agrophysica*, 13(2), 555-568. Retrieved from [http://www.acta-agrophysica.org/pdf-107427-38326?filename=Contemporary changes of.pdf](http://www.acta-agrophysica.org/pdf-107427-38326?filename=Contemporary%20changes%20of.pdf)] in Polish)

The appraisal of climate trends in the Ukrainian Roztochya on the basis of pluviothermal conditions

H. Stryamets¹, T. Prykladivska², V. Hrebelna³, V. Skobalo⁴, N. Ferents⁵

The Roztochya Nature Reserve is located in the Roztochya physical and geographical region which is a part of the Main European Watershed and is located in the border areas of Ukraine and Poland. Köppen-Geiger climate type – Dfb. Within the area of the reserve, there is its own weather station (49°55'N 23°45'E). The data on meteorological observations obtained here in the period 2005-2020 were compared with long-term archival data for the first half of the twentieth century according to the Rava-Ruska weather station (northern part of the Ukrainian Roztochya – 50°14'N 23°37'E) and data from the Steppe zone of Ukraine and Southern Europe.

The object of research was the meteorological data obtained at the weather station of the Roztochya Nature Reserve for the period 2005-2020, namely: monthly average, maximum, minimum air temperatures, the sums of physiological active temperatures, the monthly amount of atmospheric precipitation; the average annual air temperatures and the amount of annual precipitation, as well as the sum of average monthly temperatures and precipitation by calendar

¹ Halyna Stryamets – PhD in Forestry, deputy director for research work, Roztochya Nature Reserve, 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Yavoriv district, Lviv region, 81070, Ukraine. Tel.: +38-032-59-333-91. E-mail: galina.stryamets@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2491-6465>

² Tetyana Prykladivska – PhD in Forestry, the 1-st category engineer in Department of plants reproduction, Botanical Garden of the Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynska st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-237-88-20. E-mail: prikladivska_tet@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0265-0651>

³ Valentyna Hrebelna – junior researcher, Roztochya Nature Reserve, 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Yavoriv district, Lviv region, 81070, Ukraine. Tel.: +38-032-59-333-91. E-mail: zaproz25@gmail.com

⁴ Oksana Skobalo – junior researcher, Roztochya Nature Reserve, 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Yavoriv district, Lviv region, 81070, Ukraine. Tel.: +38-032-59-333-91. E-mail: zaproz25@gmail.com

⁵ Natalia Ferents – senior researcher, Roztochya Nature Reserve, 7 Sichovykh Striltsiv st., Ivano-Frankove, Yavoriv district, Lviv region, 81070, Ukraine. Tel.: +38-032-59-333-91. E-mail: natfer@ukr.net

seasons of the year. The subject of the studies was local climate change in the region of Ukrainian Roztochya, based on the meteorological data. The aim of the study was to analyse the pluviothermal conditions (relationship between air temperatures and the amount of precipitation) in the region of research for the period 2005-2020.

The data analysis showed the changes of the main climatic factors in the Ukrainian Roztochya region. During the study period, the average annual temperature increased by 2.2°C, and in the last five years (2016-2020) – by 3.2°C. The maximum increase took place in the winter season: in the period 2005-2020 by 2.4°C, and in the 2016-2020 period – by 3.4°C. The amounts of summer active temperatures (more than 10°C) in summer for the period 2005-2020 increased by 15%, and for the 2016-2020 period – by 18%. In dry years (2015, 2017, and 2019), these figures for the entire growing season increased by 27-36%.

The amount of total annual rainfall did not decrease, but was redistributed according to the calendar seasons of the year. During the full research period, the amount of summer precipitation decreased from 40.4% to 33.2% compared to archival data, and in the last five years it amounted to only 29.8% of the annual amount. The decrease in summer precipitation in the dry years of 2015, 2017, and 2019 was especially noticeable – by 99, 182 and 105 mm, respectively. The decrease in the Sielianinov hydrothermal coefficient for the summer months of the 2005-2020 period, compared to the archival data, was 26%, and for some summer months of 2015, 2017, and 2019, this figure ranged from the minimum decadal values of 0.01 to average monthly values from 0.1 to 0.9. According to the method of this author, such periods are defined as “very severe drought”, “severe drought” and “moderate drought”.

Over the last decade, Wilhelm’s border of drought for Ukraine and de Martonne’s aridity index differ from archival data by 14%; and the Lang’s rainfall factor differs by 31%. The driest and warmest year 2019 in terms of annual temperature and precipitation by the rain factor according to Lang almost approached Florence; and in terms of de Martonne’s aridity index, this is only 15% less than Mariupol, and only 9% less than Avignon.

An analysis of the graphical representation of temperatures and precipitation (climographs) showed the main trends in the balance of heat and moisture during the year – there was not only a decrease in summer precipitation, but also a shift in their peak from July to May. Therefore, the sum of active temperatures provided by moisture in natural conditions is actually much lower than the total amount of active temperatures. Plants cannot get enough moisture and this adversely affects all vegetative processes.

The climographs of abnormally dry years 2015, 2017, and 2019 in the Ukrainian Roztochya resemble the Mediterranean type of climate with a deficit of moisture in the warm season (when the summer temperature maximum is superimposed on the precipitation minimum).

It is clear that at the moment it is too early to speak about the regional consequences of significant climate change, but further increase in temperatures and a decrease in the amount of precipitation during the active growing season will lead to significant changes in the hydrological regime. Rare and endangered species, as well as native species on the border of the area, will be especially vulnerable in such conditions.

Key words: Roztochya Nature Reserve; weather station; meteorological data; climate types; temperatures and precipitation; climographs; climate changes, anomalous climate years.