

УДК 551.583:502.48 (477)

## ЗМІНА КЛІМАТУ В МЕЖАХ ЛІСОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ: БІОСФЕРНІ РЕЗЕРВАТИ ЮНЕСКО ЯК МОДЕЛЬНІ ТЕРИТОРІЇ

Анатолій Смалійчук , Павло Шубер 

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. П. Дорошенка, 41, 79007, м. Львів, Україна,  
e-mail: [anatoliy.smaliychuk@lnu.edu.ua](mailto:anatoliy.smaliychuk@lnu.edu.ua), [pavlo.shuber@lnu.edu.ua](mailto:pavlo.shuber@lnu.edu.ua)*

У статті висвітлено результати аналізу нещодавньої зміни клімату (1991–2018 рр.) на прикладі трьох біосферних резерватів (БР), розташованих у мішаній та широколистяній зонах України. З'ясовано, що середньорічна температура повітря у всіх трьох БР – Деснянському, Шацькому та “Розточчя” – зросла на 1,0–1,1 °С у порівнянні з кліматичною нормою. Незважаючи на деякі відмінності у річному розподілі, зміни в основному відбулися за рахунок показників зимових та літніх місяців. У кількості та місячному розподілі опадів у трьох БР виявлено деякі відмінності. У Деснянському БР середньорічна кількість опадів зменшилась, натомість у Шацькому БР та БР “Розточчя” кількість опадів зросла на 6–8 % із збільшенням частоти сильних злив. Запропоновано систему з 13 індикаторів зміни клімату, що характеризують температурний режим (наприклад, кількість спекотних днів чи тропічних ночей), надходження атмосферних опадів (наприклад, максимальна добова кількість опадів, тривалість бездошового періоду) та перебіг вегетації рослин (наприклад, тривалість вегетаційного періоду). Загалом на території Деснянського БР відчутніший вплив теплового стресу на місцеві екосистеми, в той час як на Розточчі зафіксовані найвищі показники індикаторів, що пов'язані з режимом випадання атмосферних опадів. Відзначено, що розробка та впровадження ефективних заходів з адаптації до зміни клімату потребує першочергово достовірної просторової інформації про такі зміни, що можна досягти шляхом поєднання стаціонарних і дистанційних методів збору даних із застосуванням ГІС моделювання.

*Ключові слова:* зміна клімату, екосистемна адаптація, біосферні резервати, Розточчя, Шацьке поозер'я, Новгород-Сіверське Полісся.

Глобальні зміни клімату, які в останні десятиліття інтенсивно проявляються у різних регіонах світу, в тому числі й в Україні, впливають не лише на людей, їхнє здоров'я та економіку, а й зумовлюють негативні, часто незворотні, зміни у природних геоекосистемах. Вони можуть спричинити деградацію природних ландшафтів через зміну екологічних, в першу чергу гідрокліматичних, умов існування автохтонних видів та угруповань рослин і тварин, поширення інвазійних видів, а також через інтенсифікацію негативних процесів та явищ (пожежі, посухи, епідемії шкідників, буревії, сильні зливи, випадання граду, зміни в гідрологічному режимі тощо). Лише в 2020 р. зафіксовано низку кліматичних аномалій у вигляді відсутності метеорологічної зими, критично низького рівня у водоймах [12] та сильних лісових пожеж навесні [10], руйнівного літнього паводку [11], що мають суттєві просторові відмінності. Тому важливими завданнями комплексних геоекологічних досліджень вважаємо з'ясування впливу зміни

клімату на функціонування геоекосистем, моделювання їхнього розвитку у майбутньому, а також розробці підходів з адаптивного менеджменту геоекосистем в постійно мінливих кліматичних умовах. Для цього першочергово необхідно виявити та проаналізувати закономірності прояву зміни клімату у різних природно-географічних регіонах (зонах) на основі даних довгострокових спостережень. Такі дослідження варто розпочинати на постійній основі з територій, які зазнають мінімального прямого антропогенного впливу, та мають потенціал для впровадження стійких практик природокористування. Саме таким критеріям, на нашу думку, відповідають біосферні резервати.

Біосферні резервати визнані ЮНЕСКО пілотними територіями для стійкого розвитку та є найкращими модельними регіонами для апробації практик з адаптації до зміни клімату. Українські БР представляють різні географічні та екологічні регіони, соціально-економічні умови, а також особливості природокористування, що дозволяє напрацювати на їхній базі широкий набір практик з адаптивного менеджменту геоекосистем [3]. У суспільній думці вони швидше сприймаються як місця строгої заповідності, аніж польові лабораторії з екосистемного стійкого розвитку. Насправді усі вісім українських БР створені на базі територій природно-заповідного фонду (ПЗФ) національного значення (національні природні парки (НПП), природні (ПЗ) чи біосферні заповідники), проте вони охоплюють значно більшу площу ніж та, що включена до складу цих природоохоронних територій. Таким чином вони забезпечують людей різноманітними екосистемними послугами на великій території, одночасно впливаючи на місцеві кліматичні умови, через регулятивні екосистемні послуги [3]. Незважаючи на те, що такі установи ПЗФ створені, в тому числі, з метою проведення наукових досліджень та здійснення фонових екологічних моніторингу, часто в межах їхньої території не ведуться систематичні стаціонарні спостереження за кліматом та новітніми тенденціями його зміни. Проте без такої інформації розробка дієвих стратегій управління природокористуванням та збереження природних ландшафтів та екосистем є малоімовірною. Аналіз такої інформації є першочерговим етапом при розробці стратегій з адаптації до зміни клімату для будь-яких територій, а особливо БР. Такий аналіз виконано для трьох біосферних резерватів України в рамках спільного німецько-українського проекту “Екосистемна адаптація до зміни клімату та стійкий регіональний розвиток через розширення можливостей українських біосферних резерватів”, що реалізується з 2018 р. у рамках Міжнародної кліматичної ініціативи (ІКІ) за підтримки Федерального міністерства довкілля, охорони природи та безпеки ядерних реакторів Німеччини [1]. Нижче наведено головні результати аналізу тенденцій зміни клімату для Деснянського БР, Шацького БР та БР “Розточчя”, виконаного на основі офіційних даних з мережі метеостанцій (МС) Українського гідрометеорологічного центру ДСНС України [13].

Деснянський біосферний резерват представляє крайню північно-східну частину екорегіону Полісся, яка називається Новгород-Сіверське. Цей БР створено у 2009 р. на площі 70,7 тис. га в межах Середино-Будського (Сумська обл.) та Новгород-Сіверського (Чернігівська обл.) районів. Природоохоронний ядром резервату є Деснянсько-Старогутський НПП (16,2 тис. га) та Рамсарське угіддя “Заплава Десни” [3]. Оскільки БР розташований на межі зони мішаних лісів та лісостепу та включає долину річки Десна у свої межі, мікрокліматичні показники можуть значно відрізнятись у просторовому відношенні. Проте у межах Деснянського БР немає стаціонарних пунктів спостережень за кліматичними показниками, а найближча МС розташована у місті Дружба (Сумська обл.), що за 25 км на південний схід від Деснянського біосферного резервату.

Саме дані спостережень з МС Дружба за 1961–2018 рр. використано у нижченаведеному аналізі.

Шацький біосферний резерват займає крайню північно-західну частину екорегіону Полісся, що представлена мішаними лісами з переважанням соснових деревостанів. Він створений у 2002 р. як Шацький БР у межах України на базі Шацького НПП, а у 2012 р. став частиною міжнародного польсько-українсько-білоруського БР “Західне Полісся”. Загальна площа Шацького БР становить 75,1 тис. га, в той час як Шацький НПП охоплює лише 49 тис. га [5]. Природний гідрологічний режим на цій території формується завдяки великій кількості озер проте через побудову осушувальних систем в радянський період мікрокліматичний та гідрологічний режими території зазнали суттєвих змін. Регулярні кліматичні спостереження у Шацькому БР ведуться з 1945 року на МС Світязь, дані з якої ми опрацьовували у нашому дослідженні.

Біосферний резерват “Розточчя” представляє крайню західну частину зони широколистяних лісів в Україні і представлений горбистим пасмом, що простягається у північно-західному напрямку від околиць Львова до кордону з Польщею. До складу української частини БР “Розточчя”, яка отримала статус ЮНЕСКО у 2011 р., входять три великих природоохоронних території (ПЗ “Розточчя”, Яворівський НПП та регіональний ландшафтний парк “Равське Розточчя”) загальною площею 74,4 тис. га. Польська частина резервату отримала статус ЮНЕСКО у 2019 р. в результаті чого утворився транскордонний БР “Розточчя” [4]. Далі в публікації власне йтиметься про українську його частину. Загалом місцевий клімат формується західними вітрами, завдяки чому регіон отримує найбільшу річну кількість опадів серед усієї рівнинної частини України. Тому Розточчя є північно-східною межею ареалу поширення природних букових лісів в Україні. Відмінності у рельєфі земної поверхні (як по висоті, так і в морфології) зумовлюють нерівномірний розподіл сонячної радіації та опадів, що в свою чергу формує просторову структуру мікрокліматичних умов на Розточчі. У межах БР “Розточчя” наявні стаціонарні пункти спостережень за кліматичними показниками, зокрема у селищі Івано-Франкове. Проте ці вимірювання почалися лише у 1980-х рр., тому вони не можуть слугувати джерелом довгострокової інформації, натомість нами використано дані з трьох метеостанцій Української гідрометеорологічної служби розташованих поблизу. Зокрема, проаналізовано дані про температурний режим з МС Львів, Яворів та Рава-Руська, що розташовані на сході, півдні та півночі відповідно на відстані не більше 15 км від межі біосферного резервату. Аналіз кількості та розподілу опадів впродовж року та за багаторічний період ґрунтувався виключно на даних МС Львів.

Дослідженням динаміки клімату в Україні, як і в світі приділяється велика увага. В основі досліджень лежить порівняння показників стандартного кліматичного періоду 1961–1990 років, затвердженого Всесвітньою метеорологічною організацією, з показниками періоду після нього, який підлягає аналізу. Вони базуються на режимних метеорологічних величинах отриманих на державних метеорологічних станціях і обсерваторіях, результати яких зведені в “Кліматичний кадастр України”, де вміщена інформація з 1 січня 1961 р. до 31 грудня 1990 р. Для цього застосовуються різноманітні методики, які дозволяють виявити динамічні зміни метеорологічних характеристик. У дослідженні [9] проаналізовано середньомісячні й екстремальні (максимальні і мінімальні температури і виявлено, що абсолютний максимум температури майже всюди по території України підвищився, а абсолютний мінімум не зазнав істотних змін. Спостерігається посилення тенденції підвищення температури повітря до екстремальних значень, що супроводжується також аномаліями атмосферних опадів.

Групою авторів проаналізовано кліматичні зміни (тренди) екстремальної температури повітря в Україні за період 1946–2015 рр. на основі гомогенізованої бази даних довгих рядів мінімальної та максимальної температур повітря для 178 метеорологічних станцій України [8]. Встановлено, що друга частина періоду значно відрізняється від першої, що призводить до значної добової асиметрії кліматичних змін температурного режиму України, що виявляються в істотному підвищенні денної і нічної температури. Також відзначене швидке зростання максимальних температур, що впливає на зростання добового діапазону.

Регіональну тематику кліматичних змін розкривають статті в різних наукових виданнях, які на основі середньомісячних, середньорічних і середніх за десятиліття характеристик температури повітря і атмосферних опадів висвітлюють їх динаміку в другій половині ХХ і початку ХХІ століття підтверджуючи вказані вище тенденції, зокрема для території західної України [14–16].

У нашому дослідженні виконано аналіз показників температурного режиму та його зміни за останні 28 років (1991–2018 рр.) у порівнянні з показниками періоду кліматичної норми між 1961 р. та 1990 р. (базовий кліматичний період). Наступним етапом дослідження був аналіз річної кількості опадів, а також їх середньомісячних та екстремальних значень за вказані вище періоди в межах трьох БР лісової зони України. На заключному етапі, спираючись на світовий досвід [18], виконано відбір, розрахунок та порівняння значень ключових, на думку авторів, індикаторів зміни клімату, які є найбільш показовими для території досліджуваних БР.

У Деснянському БР середньорічна температура повітря за період кліматичної норми становила близько 5,8 °С, що є найнижчим показником серед усіх трьох БР та зумовлене його широтним положенням та більшою континентальністю місцевого клімату. Максимальне її значення у 7,8 °С впродовж базового періоду спостерігалось двічі – 1975 та 1989 р. Проте впродовж 1991–2018 рр. середньорічна температура повітря зросла до 6,9 °С, тобто на 1,1 °С. Особливо спекотно було починаючи з 2007 р. з максимумом у 8,1 °С у 2015 р.

Середньомісячні температури найхолоднішого та найтеплішого місяців (січня і липня) за періоди 1961–1990 рр. і 1991–2018 рр. у Деснянському БР становили -8,2 і -5,4 °С та 17,5 і 19,7 °С відповідно. Найбільше зростання середньомісячних температур у порівнянні до кліматичної норми спостерігалось у зимовий та літній сезони, а також у березні (див. рис. 1). Більше того, ця тенденція посилилась в останні п'ять років (2014–2018 рр.), коли відхилення температури було найбільшим і перевищило 3 °С у лютому та березні. Особливо спекотно було у липні 2014, 2016 та 2018 рр., коли середньомісячна температура повітря перевищувала 20 °С, що відповідає довгостроковим середнім показникам базового періоду для Центральної України (наприклад, м. Дніпро).

Проаналізувавши амплітуду коливань середньої річної температури повітря у Деснянському БР, вдалося з'ясувати, що за період 1961–1990 рр. вона була більш значною, досягаючи 4,3 °С. Зокрема, у 1975 та 1989 роках відхилення середньої річної температури було вище на 2 °С, а в 1987 р. – на 2,3 °С нижче за кліматичну норму. Натомість з 1991 по 2018 рр. коливання середньої річної температури мали меншу амплітуду (2,8 °С), а її від'ємні значення спостерігалися лише двічі у 1990-х роках. Максимум відхилень у 2,3 °С зафіксовано у 2015 р., що є найбільшим значенням для усього періоду 1961–2018 рр. Для 16 років упродовж періоду 1991–2018 рр. середньорічна температура повітря становила понад 120 % від значення кліматичної норми, зокрема щорічно починаючи з 2012 р. (див. рис. 2).

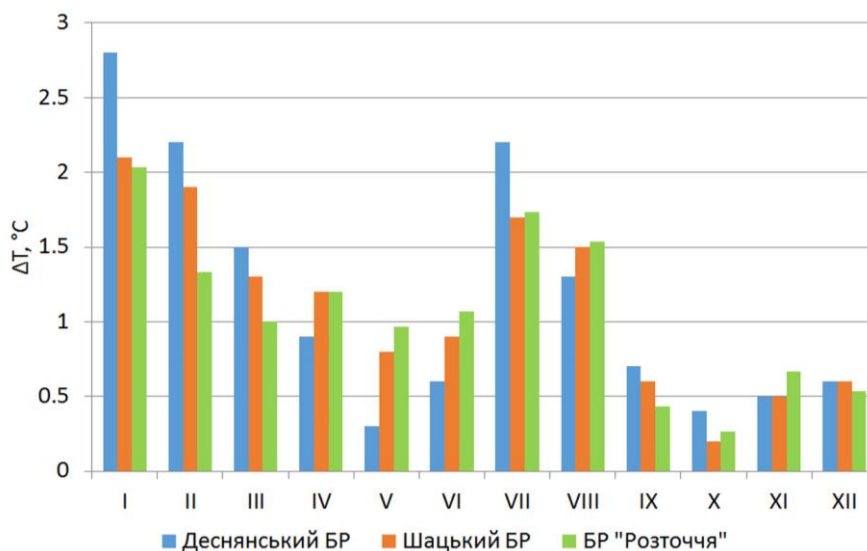


Рис. 1. Відхилення середньомісячних показників температури повітря за 1991–2018 рр. у порівнянні з періодом кліматичної норми (1961–1990) у трьох біосферних резерватах  
 Fig. 1. Deviation of average monthly air temperature for 1991–2018 in comparison with the period of climatological normal (1961–1990) in three biosphere reserves

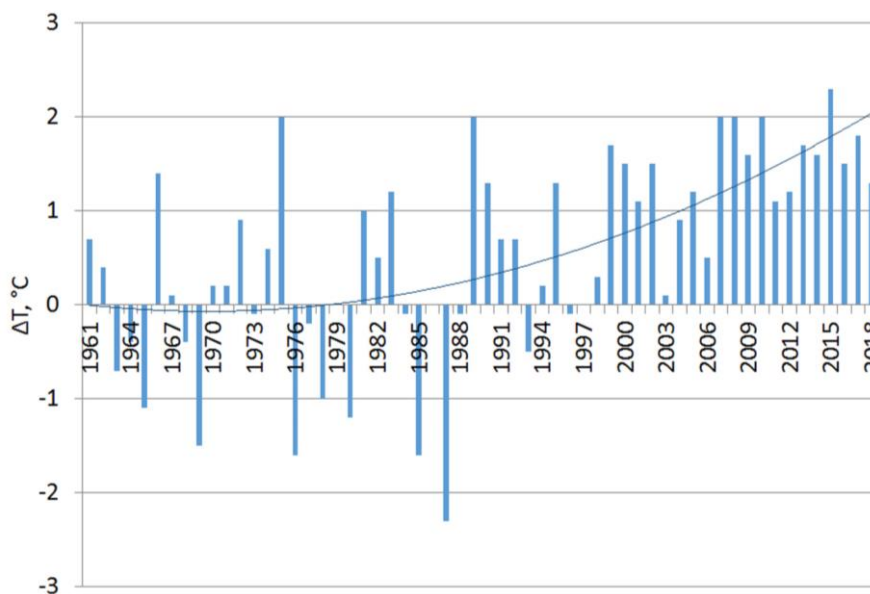


Рис. 2. Розподіл відхилень середньорічних температур повітря від значення кліматичної норми у Деснянському БР за період 1961–2018 рр.  
 Fig. 2. Deviation pattern of mean annual air temperatures from the climatological normal in Desnianskyi BR for the period 1961–2018

Для Шацького БР згідно з кліматичною нормою середньорічна температура повітря становить близько  $7,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хоча у 1989 р. та 1990 р. вона значно перевищила це значення і досягла  $9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  і  $9,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  відповідно. Упродовж 1991–2018 років середньорічна температура повітря зросла до  $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тобто на  $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Особливо спекотно було починаючи з 2014 р., коли її значення кожного року перевищували  $9,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  з найвищим показником у  $9,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  у 2015 р. Середньомісячні температури найхолоднішого та найтеплішого місяців у Шацькому БР за періоди 1961–1990 рр. і 1991–2018 рр. становили  $-4,6$  і  $-2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  та  $18,1$  і  $19,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  відповідно. Таким чином найбільше зростання середньомісячних температур у порівнянні до кліматичної норми спостерігалось у зимові (січень і лютий) та літні (липень, серпень) місяці (див. рис. 1). Більше того, ця тенденція посилилась в останні п'ять років (2014–2018 рр.), коли зростання середньомісячної температури повітря перевищило  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  у лютому, березні, серпні та грудні. Максимальну середньомісячну температуру повітря зафіксовано у серпні 2015 р. та липні 2014 р., коли вона досягла  $21,9$  і  $21,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  відповідно через екстремальні хвилі тепла у ці два літні сезони. Такі значення відповідають середнім показникам базового періоду для Центральної та Східної України в межах степової зони.

Дослідивши амплітуду коливань середньої річної температури повітря у Шацькому БР нами виявлено, що за період 1961–1990 рр. вона була більш значною досягаючи  $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Зокрема, у 1989 р. відхилення середньої річної температури було  $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  вище, а у 1987 р. на  $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  нижче за кліматичну норму. Натомість з 1991 по 2018 рік коливання середньої річної температури мали меншу амплітуду ( $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), проте у всі роки, окрім одного, значення відхилення було додатнім, а максимум відхилень у  $2,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  зафіксовано у 2015 р. Для 10 років протягом періоду 1991–2018 рр. середньорічна температура повітря становила понад 120 % від значення базового періоду, зокрема щорічно починаючи з 2014 р. (рис. 3).

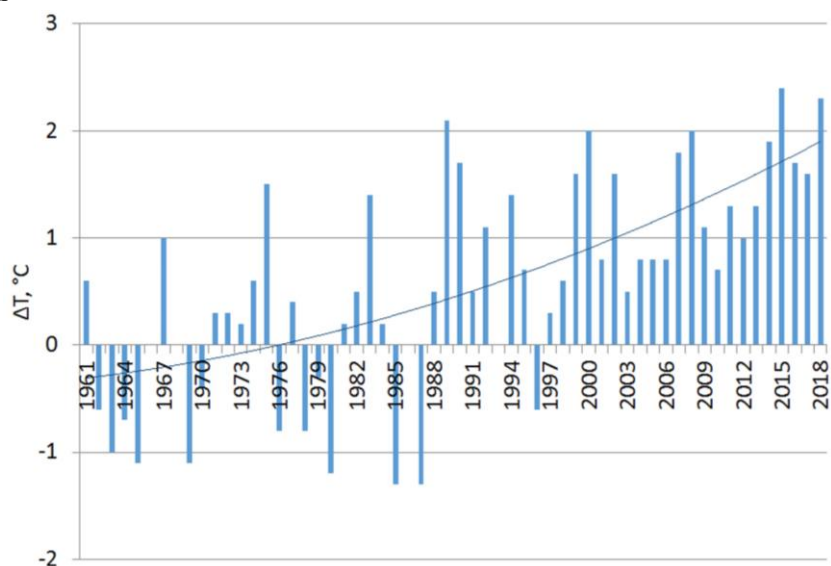


Рис. 3. Розподіл відхилень середньорічних температур повітря від значення кліматичної норми у Шацькому БР за період 1961–2018 рр.

Fig. 3. Deviation pattern of mean annual air temperatures from the climatological normal in Shatskyi BR for the period 1961–2018

За період кліматичної норми між 1961 та 1990 рр. середньорічна температура повітря для БР “Розточчя” розрахована на рівні 7,4 °С. Вона досягла свого максимуму у 9,0 °С (Рава-Руська) і 9,1 °С (Яворів) у 1989 р. Впродовж останніх 28 років середньорічна температура повітря на Розточчі зросла до 8,4 °С, тобто на 1,0 °С. Особливо спекотно було починаючи з 2014 р., коли у 2015 р. зафіксовано її максимальне значення у 10,0 °С (Яворів).

Середньомісячні температури січня і липня у БР “Розточчя” за періоди 1961–1990 рр. і 1991–2018 рр. становили -4,4 і -2,4 °С та 17,5 та 19,2 °С відповідно. Найбільше зростання середньомісячних температур у порівнянні до кліматичної норми спостерігалося у зимові (січень і лютий) та літні (липень, серпень) місяці (див. рис. 1). Більше того, ця тенденція посилилась в останні п’ять років (2014–2018 рр.), коли зростання температури перевищило 2,5 °С у грудні, серпні та лютому. Особливо спекотно було у серпні 2015 р. та липні 2014 р., коли середньомісячна температура повітря досягала значень у 21,5 і 20,5 °С відповідно, що також відповідає значенням кліматичної норми для Центральної і Східної України в межах степової зони.

Період 1961–1990 рр. на Розточчі характеризується менш значною амплітудою коливань середньої річної температури повітря (2,8 °С), ніж період після 1990 р. (3,0 °С). Найбільше додатне річне відхилення за перший період зафіксовано у 1989 р. зі значенням 1,5 °С, а в 1980 р. середня річна температура повітря становила лише 6,1 °С, що нижче на 1,3 °С за кліматичну норму. У період з 1991 по 2018 рр. коливання середньої річної температури повітря досягли максимум відхилень у 2,3 °С в 2015 р., тоді як від’ємні значення відхилення були зафіксовані лише у 1996–1997 рр. Протягом періоду 1991–2018 рр. виявлено вісім років, коли середня річна температура повітря мала значне (> 120 %) відхилення від середнього значення базового періоду, а впродовж останніх 21 року, починаючи з 1998 р., постійно фіксувалися її додатні відхилення від значення кліматичної норми (рис. 4).

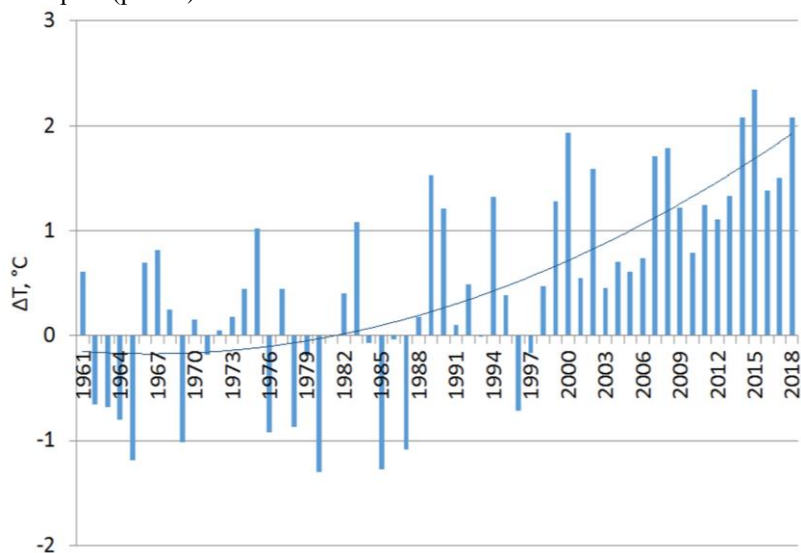


Рис. 4. Розподіл відхилень середньорічних температур повітря від значення кліматичної норми у БР “Розточчя” за період 1961–2018 рр.

Fig. 4. Deviation pattern of mean annual air temperatures from the climatological normal in Roztochya BR for the period 1961–2018

Середня річна кількість опадів в регіоні Деснянського БР порівнюючи останні три десятиліття з базовим періодом майже не змінилась: 634 і 632 мм відповідно. Проте, у три роки за п'ятирічний період між 2014 та 2018 рр. спостерігалось менше 500 мм опадів. У часовому вимірі найбільше опадів як і раніше випадає впродовж літнього періоду, проте спостерігаються деякі зміни у розподілі їхньої кількості впродовж року (рис. 5). Між 1991 і 2018 р., суттєве зменшення кількості опадів характерне для червня і серпня, 14 та 13 мм відповідно, у порівнянні з кліматичною нормою. Єдиним місяцем, впродовж якого зафіксовано значне зростання середньої кількості опадів є жовтень з показником 17 мм. За розрахунками у 2014–2018 рр. середня тривалість посушливого (бездощового) періоду становила 12 днів на місяць, з найдовшим періодом у серпні-листопаді (16–17 днів на місяць). У цей п'ятирічний період максимальна добова кількість опадів була характерна для травня-липня з середньою кількістю у 20–30 мм за добу. Абсолютний максимум добової кількості опадів у 56 мм зафіксовано у липні 2018 р., що становить 60 % місячної норми опадів для липня. Через зміни температури повітря, особливо взимку, в останні роки все більше опадів надходить у вигляді дощу, а не снігу, що вплинуло на режим весняного водопілля в регіоні.

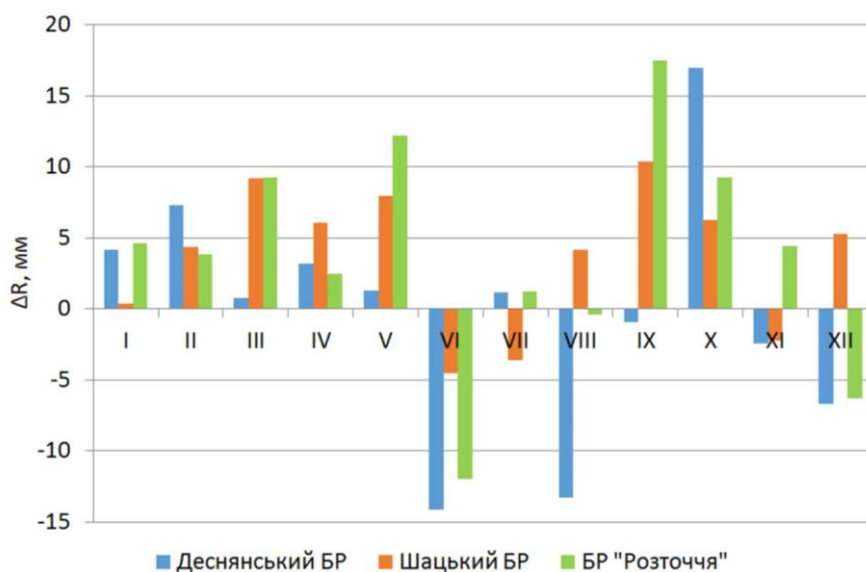


Рис. 5. Відхилення середньомісячних показників кількості атмосферних опадів за 1991–2018 рр. у порівнянні з періодом кліматичної норми у трьох біосферних резерватах  
 Fig. 5. Deviation of average sum of monthly precipitation for 1991–2018 in comparison with the period of climatological normal in three biosphere reserves

Період 1961–1990 років характеризується значними коливаннями середньорічних сум атмосферних опадів у Деснянському БР, коли амплітуда між найбільшою їх величиною в 817,4 мм (1985 р.) та найменшою в 383,7 мм (1963 р.) становила 433,5 мм. У цьому періоді спостерігалася відносна ритмічність 3–4 річних періодів з опадами вище і нижче середньої величини за період, зокрема п'ять років мали величину вище 120 % від



середньої величини базового періоду, а чотири – менше 80 % від норми. За період з 1991 по 2018 р. амплітуда середньорічних сум атмосферних опадів становила 317,6 мм: від 775,8 мм опадів у 1998 р. до 458,2 мм у 2014 р, що становить лише 73,2 % від амплітуди базового періоду. Протягом періоду 1991–2018 рр. спостерігаємо порушення ритмічності попереднього періоду, коли кількість років з величинами вище кліматичної норми зросла до 17, хоча лише 2 роки мали величину річної кількості опадів вище 120 % від значення кліматичної норми.

На відміну від Деснянського БР, у Шацькому БР середня річна кількість за останні 28 років порівнюючи з базовим періодом зросла на 8 % – з 559 до 603 мм. Крім того, кількість опадів за вісім з останніх дванадцяти років з 2007 по 2018 перевищувала 120 % від багаторічної норми 1961–1990 рр., а за останній п'ятирічний період (2014–2018) спостерігався лише один рік з опадами нижче кліматичної норми.

Найбільше опадів як раніше випадає впродовж літнього періоду, проте спостерігаються деякі зміни у розподілі їхньої кількості впродовж року (див. рис. 5). Між 1991 р. і 2018 р. суттєве зростання кількості опадів характерне для весняних місяців та вересня-жовтня, в той час коли лише три місяці (червень, липень і листопад) відзначалися меншою кількістю опадів у порівнянні з кліматичною нормою. Впродовж останніх п'яти років (2014–2018) у Шацькому БР середня тривалість посушливого періоду становила 9 днів на місяць, з найдовшим періодом тривалістю 25 днів у серпні 2015 р. Найбільша добова кількість опадів характерна для травня-липня та вересня-жовтня з середньою кількістю у 15–25 мм за добу. Абсолютний максимум місячної кількості опадів зафіксовано у травні 2014 р. та липні 2018 р. з понад 130 мм, що становило понад 20 % річної кількості опадів у відповідні роки. Порівняно з двома іншими резерватами кількість днів з опадами (у вигляді дощу або снігу) в Шацькому резерваті є значно більшою (бл. 160 на рік), що зумовлює меншу тривалість посушливого періоду, проте ситуація погіршується через низьку водоутримувальну здатність піщаних ґрунтів регіону та проведену меліорацію.

У Шацькому БР період 1961–1990 років характеризується значними коливаннями середньорічних сум атмосферних опадів: амплітуда між найбільшим значенням у 854,0 мм (1974 р.) та найменшою їх величиною в 338,0 мм (1961 р.) становила 516,0 мм. Впродовж базового періоду спостерігається порушення ритмічності періодів з опадами, коли їх тривалість коливається від 2 до 6 років вище і нижче середньої за період величини. Варто зазначити, що 15 з 30 років були з опадами нижче від значення кліматичної норми і лише для п'яти років зафіксовано понад 120 % опадів від норми. З 1991 по 2018 р. амплітуда середньорічних сум атмосферних опадів зменшилася до 301,0 мм – від 754,0 мм (2009 р.) до 453,0 мм (1991 р.). Це на 215 мм нижче від значення амплітуди періоду 1961–1990 рр., тобто лише 58,3 %. Протягом вказаного періоду спостерігаємо зростання тривалості ритмічності відхилення від кліматичної норми до 4–6 років, а кількість років з величинами нижче кліматичної норми зменшилась з 14 у період 1961–1990 рр. до семи за останні 28 років.

У регіоні БР “Розточчя”, за даними метеостанції Львів, середня річна кількість опадів порівнюючи останні три десятиліття з базовим періодом зросла на 5,4 % або 39,3 мм з 730 мм (1961–1990) до 769,3 мм (1991–2018). Починаючи з 1991 р. для 17 років кількість опадів перевищувала багаторічну кліматичну норму, а шість з них мали значення у понад 120 % від норми. За останній п'ятирічний період (2014–2018) спостерігався лише один рік з опадами нижче кліматичної норми. У часовому розрізі найбільше опадів випадає і

надалі у літній період, проте відбувся частковий перерозподіл їхньої кількості між сезонами (див. рис. 5). Між 1991 р. і 2018 р. суттєве зменшення кількості опадів характерне для червня та грудня, в той час як для вересня, березня та травня зафіксоване суттєве зростання опадів у порівнянні з базовим періодом. Найменші зміни у кількості опадів за досліджуваний період на Розточчі зафіксовано у липні і серпні. Впродовж 2014–2018 рр. середня тривалість посушливого періоду у цьому регіоні становила 9 днів на місяць, з найдовшим періодом тривалістю у 35 днів у серпні-вересні 2015 р. Найбільша добова кількість опадів характерна для травня-липня та вересня-жовтня з середньою кількістю у 20–30 мм за добу. Абсолютний максимум добової кількості опадів зафіксовано у жовтні 2016 р. з показником 69 мм/добу, що становило 146 % місячної норми опадів для жовтня. Середня кількість днів з дуже сильними зливами (понад 20 мм за добу) у резерваті “Розточчя” становить шість днів у році та є найбільшою серед інших резерватів.

Період 1961–1990 років на Розточчі відзначався значними коливаннями річної кількості атмосферних опадів, коли амплітуда між найбільшою в 946,5 мм (1966 р.) та найменшою їх величиною в 393,0 мм (1961 р.) становила 553,5 мм, що є найбільшим значенням серед усіх трьох БР. Для вказаного періоду спостерігається ритмічність періодів з опадами, коли їх тривалість коливається від 3 до 4 років вище і нижче середньої за період величини, причому 11 років були з опадами нижче цієї норми і вже лише чотири роки мали величину вище 120 % від норми. З 1991 по 2018 рр. амплітуда середньорічних сум атмосферних опадів суттєво зменшилася (до 397,4 мм) за рахунок, в першу чергу, значного зростання мінімальної річної кількості опадів (597,2 мм у 1995 р.) та незначного збільшення максимальних значень. Протягом 1991–2018 рр. спостерігаємо зростання тривалості періодів відхилення вище від кліматичної норми до 3–7 років. Водночас кількість років з величинами нижче кліматичної норми на Розточчі залишалась без змін.

Для кращого розуміння особливостей прояву кліматичних змін в межах лісової зони України, а також їхнього впливу на функціонування природних та антропогенно модифікованих ландшафтів було відібрано та розраховано показники низки кліматичних індикаторів. На думку авторів, ці 13 індикаторів є доволі простими у розрахунку та найкраще відображають зміни у температурному режимі та режимі випадання атмосферних опадів і легко можуть бути використані для потреб збалансованого просторового планування та природокористування. До них належать: 1) кількість літніх днів ( $T_{\max} > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 2) кількість спекотних днів ( $T_{\max} > 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 3) кількість тропічних ночей ( $T_{\min} > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 4) кількість морозних днів ( $T_{\min} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 5) кількість крижаних днів ( $T_{\max} < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 6) максимальна тривалість періоду без опадів (максимальна кількість послідовних днів, впродовж яких було зафіксовано менше 1 мм опадів); 7) максимальна добова кількість опадів; 8) індекс інтенсивності опадів (відношення загальної кількості опадів до числа днів з опадами); 9) кількість днів з великою кількістю опадів ( $R > 10\text{ мм}$ ); 10) кількість днів з дуже великою кількістю опадів ( $R > 20\text{ мм}$ ); 11) початок вегетаційного періоду (дата коли вперше у році середньодобова температура шість днів підряд  $> 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 12) завершення вегетаційного періоду (дата коли вперше після 1 липня середньодобова температура шість днів підряд  $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 13) тривалість вегетаційного періоду.

Проаналізувавши значення цих індикаторів з'ясовано, що кліматичні зміни мають різний прояв у різних частинах лісової зони України, які репрезентують досліджувані

три БР. Зокрема у межах Новгород-Сіверського Полісся більш актуальними є теплові стреси, в той час як на Розточчі відзначаються значні аномалії у часовому режимі випадання опадів (рис. 6).

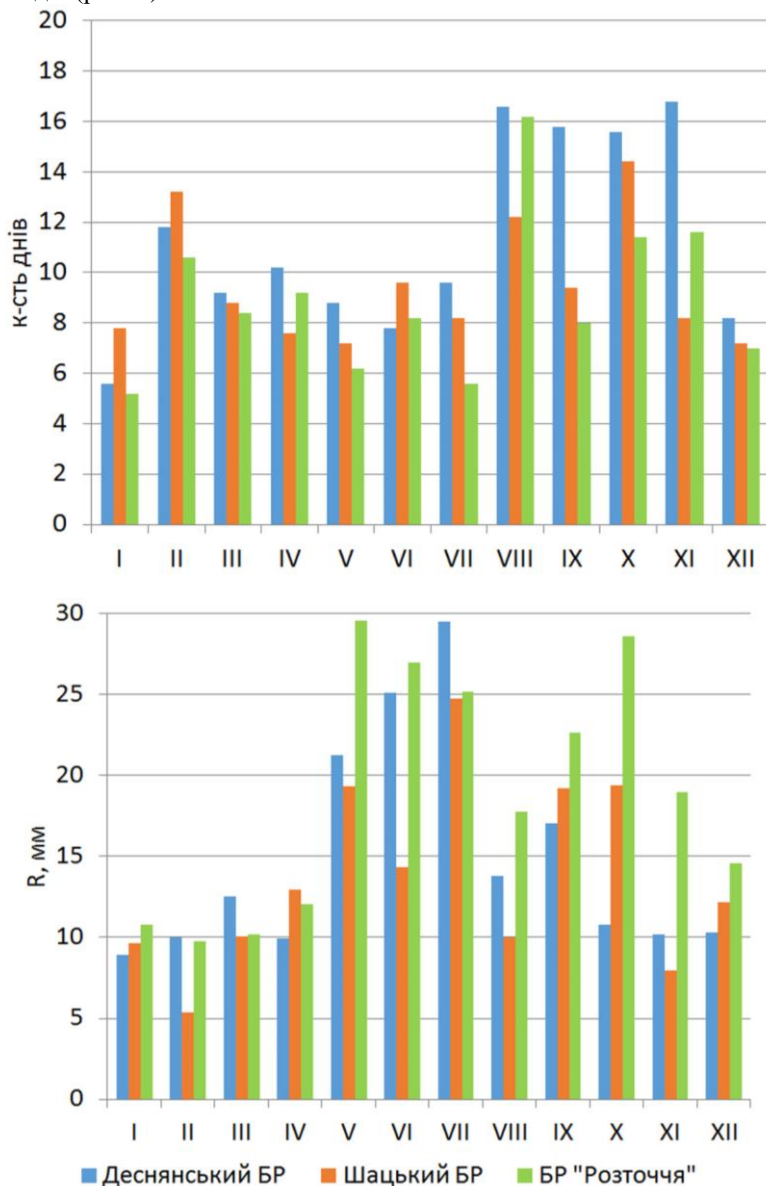


Рис. 6. Середня тривалість максимального періоду без опадів (вгорі) та середнє значення максимальної добової кількості опадів (знизу) за період 2014–2018 рр. у трьох біосферних резерватах

Fig. 6. Average duration of dry period (top) and average volume of diurnal precipitation maximum (bottom) in 2014–2018 for three biosphere reserves

Розробка ефективних заходів з адаптації до змін клімату вимагає врахування індивідуального впливу кліматичних змін на різні типи геоекосистем, що відповідно потребує просторового диференційованого підходу до втілення таких заходів. Суттєвим обмеженням для цього є відсутність достовірної просторової інформації про кліматичні параметри у вигляді континуальних геопросторових даних для всієї території України. Одним із способів переходу від дискретних даних отриманих в результаті стаціонарних спостережень до континуальних даних є використання різних методів математичного моделювання. Варто відзначити, що окремі спроби у цьому напрямку вже зроблені [7–8], проте відсутність уніфікованого підходу та інформаційних продуктів для всієї України, не дозволяють вести мову про ефективну адаптацію до зміни клімату на національному та регіональному рівнях.

Альтернативним способом отримання інформації про температурний режим території може бути використання даних дистанційного зондування Землі. Космічна зйомка виконана у інфрачервоному (тепловому) діапазоні світлового спектру дозволяє вимірювати температуру земної поверхні, а точніше наземного покриву, і таким чином отримувати опосередковану інформацію про температуру приземного шару повітря. Така зйомка впродовж вже кількох десятиліть здійснюється різними супутниками (наприклад, MODIS/Terra, Landsat, Sentinel-3), які надають інформацію різної просторової роздільної здатності (від 30 м до 1 км). Для території України теж існує досвід використання подібних даних у кліматичних дослідженнях [2, 17], в тому числі для території трьох досліджуваних БР ([http://www.pik-potsdam.de/~kriewald/ukr/index\\_uk.html](http://www.pik-potsdam.de/~kriewald/ukr/index_uk.html)). Проте цей метод має суттєвий недолік: наявність хмарного покриву над землею поверхнею унеможливує отримати інформацію про її температуру, а відтак достовірно розрахувати середні показники за певний період.

Підсумовуючи, внаслідок дослідження вдалося з'ясувати, що за останні три десятиліття кліматичні умови трьох біосферних резерватів розташованих у мішаній та широколистяній зонах України зазнали значних змін. Середньорічна температура повітря у всіх трьох БР зросла на 1,0–1,1 °C у порівнянні з кліматичною нормою. Незважаючи на деякі відмінності у річному розподілі зміни температурного режиму в основному відбулися за рахунок зимових та літніх місяців. Щодо кількості та часового розподілу опадів у трьох БР виявлено деякі відмінності. У межах північно-східної частини Полісся середньорічна кількість опадів зменшилась та зросла тривалість посушливого періоду. Натомість у межах Шацького поозер'я та на Розточчі кількість опадів зросла на 6–8 % із зростанням також частоти сильних та дуже сильних злив, які зумовлюють нерівномірний розподіл опадів впродовж вегетаційного періоду і почасти завдають економічних збитків, в т. ч. урбанізованим територіям. Варто зазначити також, що через підвищення температури повітря останні зимові сезони відзначаються відсутністю постійного снігового покриву, а все більша кількість опадів надходить у вигляді дощу, змінюючи тим самим звичний гідрологічний режим.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біосферні резервати для кліматичної адаптації в Україні [Електронний ресурс] / Michael Succow Foundation and Centre for Ecnics and Ecosystem Management. Greifswald : Michael Succow Foundation, 2019. URL: <https://eba-ukraine.net/покажчик.html>. (дата звернення: 07.08.2020).

2. *Вишневецький В., Шевчук С.* Використання даних дистанційного зондування Землі для з'ясування термічних особливостей Українських Карпат // Український журнал дистанційного зондування Землі. 2012. № 12. С. 47–52
3. *Діхте А., Ібіш П., Кубраков С., Клойбер Ю., Смалійчук А., Мак К., Романи І.* Біосферні резервати та кліматична адаптація. Деснянський біосферний резерват: Інформаційна брошура. Середина-Буда, 2019. 16 с. URL: <https://eba-ukraine.net/files/pdf/Brochures/інформаційні-брошури.pdf>. (дата звернення: 10.04.2020).
4. *Діхте А., Ібіш П., Стрямець Г., Клойбер Ю., Смалійчук А., Мак К., Романи І.* Біосферні резервати та кліматична адаптація. Біосферний резерват “Розточчя”: Інформаційна брошура. Івано-Франкове, 2019. 16 с. URL: <https://eba-ukraine.net/files/pdf/Brochures/інформаційні-брошури.pdf>. (дата звернення: 10.04.2020).
5. *Діхте А., Ібіш П., Христецька М., Клойбер Ю., Смалійчук А., Мак К., Романи І.* Біосферні резервати та кліматична адаптація. Шацький біосферний резерват: Інформаційна брошура. Світязь, 2019. 16 с. URL: <https://eba-ukraine.net/files/pdf/Brochures/інформаційні-брошури.pdf>. (дата звернення: 10.04.2020).
6. *Мкртчян О., Шубер П.* Геоінформаційне моделювання температурного поля західних регіонів України // Фізична географія і геоморфологія. 2009. Вип. 57. С. 104–112.
7. *Мкртчян О., Шубер П.* Інтерполяція даних метеоспостережень кількостей опадів та інших кліматичних змінних методом регресійного кригінгу // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2013. Вип. 42. С. 258–264. doi:10.30970/vgg.2013.42.1870
8. *Осадчий В., Агулар Е., Скриник О., Бойчук Д., Сіденко В., Скриник О.* Добова асиметрія кліматичних змін температури повітря в Україні // Укр. геогр. журн. 2018. № 3. С. 21–30.
9. *Осадчий В., Бабіченко В.* Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. Укр. геогр. журн. 2013. № 4. С. 33–39.
10. *Тихолаз І.* Україна у вогні – від Карпат до Чорнобиля. Влада пожеж не помічала, нас урятував дощ. Texty.org.ua. URL: <https://texty.org.ua/articles/100750/ukrayina-u-vohni-vid-karpat-do-chornobylya-vlada-pozhezh-ne-pomichala-nas-uryatuvav-dosh/> (дата звернення: 21.05.2020).
11. *Шрамович В.* Чому затопило Карпати та чи пов'язано це з вирубкою лісів. BBC News Україна. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-53169074> (дата звернення: 30.06.2020).
12. *Штогрін І.* “Зневоднення”: в Україні спостерігається найнижчий рівень води у річках за останні 100 років. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/voda-vidstnist-opadiv-posuha-harchi/30572821.html> (дата звернення: 04.05.2020).
13. *Шубер П.* Звіт за результатами аналізу зміни клімату в межах біосферних резерватів Деснянський, Шацький та “Розточчя” за період 1961–2018 рр. та прогноз очікуваних змін у період до 2100 р. [Текст] : звіт по експертному дослідженню в рамках проекту “Екосистемна адаптація до зміни клімату та стійкий регіональний розвиток через розширення можливостей українських біосферних резерватів”. Львів, 2019. 27 с.
14. *Шубер П.* Клімат / Природні умови та природні ресурси Львівщини : монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф. М. М. Назарука. Львів, 2018. С. 159–190.
15. *Шубер П.* Особливості динаміки клімату високогір'я Українських Карпат у другій половині ХХ і початку ХХІ століття // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2014. Вип. 48. С. 187–193. doi:10.30970/vgg.2014.48.1310

16. Kaszewski B., Siwek K., Gluza A., Shuber P. Klimat / Roztocze przyroda i czlowiek / Redakcja naukowa: T. Grabowski, M. Harasimiuk, B. Kaszewski, Y. Kravchuk, B. Lorens, Z. Michalczyk, O. Shabliy. Zwierzyniec, 2015. S. 123–137.
17. Kovalchuk I., Mkrтчian O., Kovalchuk A. Modeling the distribution of land surface temperature for Bystrytsia river basin using Landsat 8 data // Journal of Geology Geography and Geoecology. 2019. Vol. 27(3). P. 453–465.
18. van den Besselaar E.J.M., Klein Tank A.M.G., van der Schrier G., et al. International Climate Assessment & Dataset: Climate Services Across Borders // Bull. Amer. Meteor. Soc. 2015. Vol. 1. P. 16–21. doi:10.1175/BAMS-D-13-00249.1

## REFERENCES

1. Biosphere reserves for climate adaptation in Ukraine (07 August 2020). Michael Succow Foundation & Centre for Ecnics and Ecosystem Management. Retrieved from: <https://eba-ukraine.net/покажчик.html> (in Ukrainian).
2. Vyshnevskiy, V., & Shevchuk, S. (2012). The use of remote sensing methods for determination of the thermal characteristics of the Ukrainian Carpathians. *Ukrainian Journal of Remote Sensing*, 12, 47–52 (in Ukrainian).
3. Dichte, A., Ibisch, P., Kubrakov, S., Kloiber, J., Smaliychuk, A., Mack, K., & Romann, I. (2019). *Biosphere reserves and climate adaptation: Desnianskyi biosphere reserve*. Seredyna-Buda. Retrieved from: <https://eba-ukraine.net/files/pdf/Brochures/інформаційні-брошури.pdf>. (in Ukrainian).
4. Dichte, A., Ibisch, P., Stryamets, G., Kloiber, J., Smaliychuk, A., Mack, K., & Romann, I. (2019). *Biosphere reserves and climate adaptation: Roztochya biosphere reserve*. Ivano-Frankove. Retrieved from: <https://eba-ukraine.net/files/pdf/Brochures/інформаційні-брошури.pdf>. (in Ukrainian).
5. Dichte, A., Ibisch, P., Khrystetska, M., Kloiber, J., Smaliychuk, A., Mack, K., Romann, I. (2019). *Biosphere reserves and climate adaptation: Shatskyi biosphere reserve*. Svitiaz. Retrieved from: <https://eba-ukraine.net/files/pdf/Brochures/інформаційні-брошури.pdf>. (in Ukrainian).
6. Mkrтчian, A., & Shuber, P. (2009). GIS modeling of the temperature field of the Western regions of Ukraine. *Physical Geography and Geomorphology*, 57, 104–112. (in Ukrainian).
7. Mkrтчian, O., & Shuber, P. (2013). Interpolation of meteodata on precipitation and other climatic variables by regression-kriging. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 42, 258–264. doi:10.30970/vgg.2013.42.1870 (in Ukrainian).
8. Osadchyi, V., Aguilar, E., Skrynyk, O., Boichuk, D., Sidenko, V., & Skrynyk, O. (2018). Daily asymmetry of air temperature changes in Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, 3, 21–30. (in Ukrainian).
9. Osadchyi, V., & Babichenko, V. (2013). The air temperature on the territory of Ukraine in today's climate conditions. *Ukrainian Geographical Journal*, 4, 33–39. (in Ukrainian).
10. Tykholaz, I. (2020). Ukraina u vogni – vid Karpat do Chornobyliа. Vlada pozhezh ne pomichala, nas uriatuvav doshch. Texty.org.ua. Retrieved from: <https://texty.org.ua/articles/100750/ukrayina-u-vohni-vid-karpat-do-chornobyliа-vlada-pozhezh-ne-pomichala-nas-uryatuvav-dosh/>. (in Ukrainian).

11. Shramovych, V. (2020). Chomu zatopylo Karpaty ta chy poviazano tse z vyrubkoiu lisiv. BBC News Ukraine. Retrieved from: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-53169074>. (in Ukrainian).
12. Shtogrin, I. (2020). “Znevodnennia”: v Ukraini sposterigaietsia nainyzhchyi riven vody u richkakh za ostanni 100 rokiv. Radio Svoboda. Retrieved from: <https://www.radiosvoboda.org/a/voda-vidstnist-opadiv-posuha-harchi/30572821.html>. (in Ukrainian).
13. Shuber, P., (2019). Report on the results of the analysis of climate change within the biosphere reserves Desnyanskyi, Shatskyi and Roztochya for the period 1961–2018 and the forecast of expected changes in the period up to 2100: Expert report prepared in the frame of the project “Ecosystem-based adaptation to climate change and sustainable regional development by empowerment of Ukrainian biosphere”. Lviv. (in Ukrainian).
14. Shuber, P. (2018). Climate. In M. M. Nazaruk (Ed.), *Natural resources and conditions of Lviv region* (pp. 159–190). Lviv: Vydavnytstvo Starogo leva. (in Ukrainian).
15. Shuber, P. (2014). Features of climate dynamics in the alpine belt of the Ukrainian Carpathians in the second half of the XX and early XXI centuries. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 48, 187–193. doi:10.30970/vgg.2014.48.1310 (in Ukrainian).
16. Kaszewski, B., Siwek, K., Gluza, A., & Shuber, P. (2015). Klimat. In T. Grabowski, M. Harasimiuk, B. Kaszewski, Y. Kravchuk, B. Lorens, Z. Michalczyk, O. Shablii (Eds.), *Roztocze przyroda i czlowiek* (pp. 123–137). Zwierzyniec, Roztoczański Park Narodowy.
17. Kovalchuk, I., Mkrтчian, O., Kovalchuk, A. (2019). Modeling the distribution of land surface temperature for Bystrytsia river basin using Landsat 8 data. *Journal of Geology Geography and Geoecology*, 27(3), 453–465.
18. van den Besselaar, E.J.M., Klein Tank, A.M.G., van der Schrier, G., et al. (2015). International Climate Assessment & Dataset: Climate Services Across Borders. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1, 16–21. doi:10.1175/BAMS-D-13-00249.1

Стаття: надійшла до редакції 29.09.2020

доопрацьована 18.10.2020

прийнята до друку 21.11.2020

## CLIMATE CHANGE IN FOREST ZONE OF UKRAINE: CASE STUDY OF UNESCO BIOSPHERE RESERVES

Anatoliy Smaliychuk, Pavlo Shuber

*Ivan Franko National University of Lviv,*

*P. Doroshenko St., 41, UA – 79007 Lviv, Ukraine,*

*e-mail: anatoliy.smaliychuk@lnu.edu.ua, pavlo.shuber@lnu.edu.ua*

The paper presents the results of the analysis of recent climate change (1991–2018) on the example of three biosphere reserves (BR) located in mixed and broad-leaved forest zones of Ukraine. We found that the average annual air temperature in all three BRs – Desnianskyi, Shatskyi and Roztochya – increased by 1.0–1.1 °C compared to the climatic normal. Despite some differences in the annual pattern, the changes were mainly caused by an increase in the winter and summer months. Some differences were found in the amount and monthly distribution of precipitation in the three BRs. In Desnianskyi BR the average annual precipitation decreased, while in Shatskyi and Roztochya BR the precipitation increased by 6–8 % along

with an increase in the frequency of heavy rains. In general, the impact of heat stress on local ecosystems is more considerable in the territory of Desnianskyi BR, while the highest values of indicators related to precipitation pattern were recorded in Roztochya. We argued that the development and implementation of effective measures for adaptation to climate change require first and foremost reliable spatial information about such changes, which can be achieved by combining stationary and remote data acquisition methods by applying GIS modeling.

*Key words:* climate change, ecosystem-based adaptation, biosphere reserves, Roztochya, Shatsk lakes, Novgorod-Siverske Polissia.