

УДК 551.577.38+551.581.1, PACS: 92.40.De, 92.70.Kb

ОЦІНКА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ ПОСУХ В ЗАКАРПАТСЬКОМУ РЕГІОНІ В КОРОТКОСТРОКОВІЙ ПЕРСПЕКТИВІ ДО 2050 РОКУ

І. Г. Семенова, д-р. геогр. наук, доцент

*Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, meteo@odeku.edu.ua*

В статті розглянуті особливості просторово-часового розподілу посух на тривалих проміжках часу в Закарпатському регіоні за умов прогнозованого режиму температури та опадів на період 2020-2050 рр. Аналіз температурно-вологісних умов виконаний з використанням даних кліматичного моделювання проекту CORDEX для кліматичних сценаріїв РТК4.5 та РТК8.5. Показано, що зростання середньорічної температури повітря по станціях відбуватиметься переважно за рахунок підвищення зимових температур за обома сценаріями. Середньорічна кількість опадів буде незначно зростати, але спостерігатимуться протилежні тренди у зимових та літніх опадах. Оцінка просторово-часового розподілу посух за допомогою індексу посухи SPEI показала, що очікується загальне збільшення ступеню посушливості по регіону протягом досліджуваного періоду. При цьому, за умов відносно м'якого сценарію РТК4.5 посухи прогноуються більш інтенсивними, а за обома сценаріями загальна кількість помірних та сильних посух зростатиме на часових масштабах понад один рік.

Ключові слова: посуха, кліматичний сценарій, індекс посухи.

1. ВСТУП

Кліматичні умови України є сприятливими для утворення різних типів посух. Посуха як комплексне природне явище, пов'язана з дефіцитом атмосферної та ґрунтової вологи, який формується, насамперед, в результаті певних, стійких за часом атмосферних процесів. Для території країни частими є метеорологічні та сільськогосподарські (агrometeorологічні) посухи [1-3], які через несприятливий комплекс температурно-вологісних умов призводять до висушування ґрунту та надлишкової втрати води рослинами. Гідрологічні посухи характеризуються зменшенням кількості води, що надходить до річок та водойм, і зниженням їх рівня, а також зменшенням запасів ґрунтових вод. Гідрологічна посуха, зазвичай, йде як вторинне явище внаслідок метеорологічної та сільськогосподарської посухи, при цьому її інтенсивність та просторове розповсюдження можуть бути більшими, ніж осередок метеорологічної посухи, через складну гідрологічну мережу, що поєднує різні регіони. Інтенсивність гідрологічної посухи визначається для водозборів або річкових басейнів. Окрім дефіциту опадів, який формується кліматичними коливаннями регіональної циркуляції атмосфери, до змін гідрологічних характеристик та виникнення гідрологічної посухи може призвести антропогенна діяльність, як-то зміни у землекористуванні, вирубка лісів, будова дамб тощо, при цьому поява гідрологічної посухи навіть може бути не пов'язана з метеорологічною посухою.

Дослідження посух зазвичай, виконуються з використанням даних про режим опадів, випаровуваність, дефіцит вологості повітря, температуру повітря, які комбінуються у різноманітні індекси посух та пристосовуються під просторово-часовий масштаб досліджуваного явища [4]. Так, для оцінки гідрологічних посух потрібні індекси, які б враховували не тільки поточні умови зволоженості, але й попередні, на доволі тривалих проміжках часу з врахуванням метеорологічних та сільськогосподарських посух. Такій умові відповідає відносно новий стандартизований індекс опадів-евапотранспірації SPEI, досвід застосування якого показав задовільні результати у визначенні посух на тривалих проміжках часу [5].

Дослідження просторово-часового розподілу посух по п'яти пунктам Закарпаття, що відповідають центрам тяжіння водозборів, за допомогою індексу SPEI на масштабах 12, 18 та 24 місяці показали [6], що за останні 60 років (1950-2010 рр.) в регіоні спостерігалось від 12 до 16 епізодів посух тривалістю від одного року. При цьому протягом періодів 1961-1965, 1971-1974 та 2000-2005 рр. посухи досягали критеріїв сильної та екстремальної інтенсивності в деяких пунктах. За очікуваних змін клімату, вочевидь, посухи будуть й надалі відмічатися в Закарпатті.

Починаючи з 2014 р., в кліматичних дослідженнях використовується новий набір чотирьох сценаріїв, представлених в рамках П'ятої фази Проекту порівняння спільних моделей (ППСМ5) Всесвітньої програми досліджень клімату, – репрезентативні траєкторії концентрацій (РТК), що

грунтуються на концентраціях вуглецю в атмосфері та відрізняються між собою приблизною сумарною величиною радіаційної дії у 2100 році в порівнянні з 1750 р. [7]. Попередні оцінки посушливих умов вегетаційного періоду, виконані в рамках сценаріїв РТК2.6 та РТК8.5 для території України показали [8], що до 2050 р. м'які посухи прогноуються майже кожний третій теплий сезон, при цьому осередки максимальної повторюваності за обома сценаріями припадають на Карпатський регіон. Повторюваність сильних та екстремальних посух очікується незначною – від 1 до 3 сезонів для кожної категорії. Періоди найбільш тривалих та інтенсивних сезонних посух спостерігатимуться у 2020-х та 2040-х роках.

Метою даної статті є оцінка повторюваності та інтенсивності прогнозованих посушливих умов в Закарпатському регіоні на тривалих часових масштабах, які відповідають процесам формування гідрологічних посух, з використанням даних кліматичного моделювання в рамках ППСМ5 на період 2020-2050 рр.

Дослідження виконано в рамках НДР № 168 “Моделювання екстремальних гідрологічних явищ (паводків та посух) на території гірських регіонів України в умовах сучасних змін клімату” (2015-2016 рр.).

2. ВИХІДНІ МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Оцінка повторюваності й інтенсивності очікуваних посух виконана за допомогою стандартизованого індексу опадів-евапотранспірації SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration index), який запропонований в роботах Вісенте-Серрано та ін. [5, 9]. Розрахунок індексу SPEI базується на використанні часових рядів місячних сум опадів та температури повітря, що дозволяє враховувати мінливість температурного режиму в умовах глобальних змін клімату. При цьому, для обчислення SPEI використовуються різниці (D) місячних сум опадів (R) і потенційної евапотранспірації (PET)

$$D_i = R_i - PET_i,$$

де i – порядковий номер розрахункового місяця.

Даний вираз відображує в спрощеному вигляді схему водного балансу вертикального стовпа ґрунту від її поверхні до глибини, де припиняється вологообмін [5]. Для визначення PET розробники індексу SPEI скористалися методом Торнтвейта [10], що зробило новий індекс майже таким же чутливим до вмісту вологи у ґрунті, як

й відомий індекс Палмера [11]. Код програми для розрахунку індексу SPEI від його авторів доступний на сайті <http://hdl.handle.net/10261/10002>.

Інтенсивність посухи визначається за від'ємними значеннями SPEI: $-0,99...0,00$ – слабка (м'яка) посуха; $-1,49... -1,00$ – помірна посуха; $-1,99... -1,50$ – сильна посуха; $\leq -2,00$ – екстремальна посуха.

Як вихідна інформація для розрахунку індексу SPEI використовувались щомісячні модельні прогностичні поля приземної температури повітря та інтенсивності опадів за період 2020-2050 рр., взяті з бази даних проекту CORDEX (<http://www.cordex.org>), який скоординований на моделювання регіонального клімату із застосуванням методів даунскелінгу до результатів глобального кліматичного моделювання [12]. Дані обрані для моделі інституту Макса Планка MPI-CSC-REMO2009 r2i1p1, з кроком регулярної сітки 0,5 градусів, для області 48-49° пн.ш., 22-25° сх.д., яка охоплює регіон Закарпаття. Розглядалися два кліматичних сценарії в рамках репрезентативних траєкторій концентрацій – РТК4.5 та РТК8.5. Через невеликий розмір області дослідження та близькість спостережних постів один до одного, очікуваний кліматичний режим та розподіл посух розглядалися по окремих вузлах сітки, які наближені до існуючих метеорологічних або гідрологічних станцій.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1 Прогнозований режим температури та опадів

В табл. 1 наведені основні відомості щодо очікуваної приземної температури та опадів в період, що розглядається, за двома кліматичними сценаріями по чотирьох точках. Як можна бачити, прогнозована середня річна температура за досліджуваний період коливатиметься від 6,7 до 10,9 °C за умов реалізації сценарію РТК4.5 та від 6,9 до 11,1 °C за умов реалізації сценарію РТК8.5, тобто в жорсткому сценарії передбачається більш висока середньорічна температура повітря. Але щодо окремих показників найхолоднішого (січень) та найтеплішого (липень) місяців року, тут ситуація інакша. Якщо за умов реалізації сценарію РТК4.5 прогнозується середня температура січня від $-0,2$ до $-3,5$ °C, то за умов жорсткого сценарію зимова температура очікується значно нижчою, від $-1,4$ до $-4,8$ °C. Температури влітку, навпаки, вище за умов реалізації сценарію РТК8.5 і коливаються в межах 16,8-21,7 °C проти 16,4-21,3 °C за умов сценарію РТК4.5.

Таблиця 1 - Прогностичні температури повітря $T_{сер}$ (°C, середньорічна, середньомісячна за січень та липень) та суми опадів $Q_{сер}$ (мм, середньорічні, середньомісячні за січень (I) та липень (VII)) за період 2020-2059 рр. по кліматичним сценаріям РТК4.5 та РТК8.5

Координати точок (градуси пн.ш.-сх.д.)*	РТК4.5						РТК8.5					
	$T_{сер}$ рік	$T_{сер}$ I	$T_{сер}$ VII	$Q_{сер}$ рік	$Q_{сер}$ I	$Q_{сер}$ VII	$T_{сер}$ рік	$T_{сер}$ I	$T_{сер}$ VII	$Q_{сер}$ рік	$Q_{сер}$ I	$Q_{сер}$ VII
48,25 – 22,25 (У)	10,9	-0,2	21,3	918	77	96	11,1	-1,4	21,7	926	76	90
48,75 – 22,25 (В)	9,4	-1,4	19,4	1078	79	130	9,6	-2,5	19,8	1077	75	118
48,25 – 23,25(М)	9,4	-1,0	19,3	1441	114	166	9,6	-2,3	19,6	1369	111	150
48,25 – 24,25 (Р)	6,7	-3,5	16,4	1060	79	120	6,9	-4,8	16,8	1027	81	113

* застосовані скорочення назв станцій: (У) – Ужгород; (В) – Великий Березний; (М) – Міжгір'я; (Р) – Рахів.

Тобто, за умов жорсткого сценарію в регіоні очікується значна річна амплітуда температури повітря, що свідчить про більш високу ймовірність настання періодів екстремально високих та низьких температур.

Середньорічні суми опадів не мають чіткого переважання в тому чи іншому сценарії. В одній точці (У) річна сума опадів більше за умов сценарію РТК8.5 – 926 проти 918 мм. В інших точках суми опадів незначно більше за умов реалізації сценарію РТК4.5 і коливаються від 1060 до 1441 мм за рік.

В обох сценаріях зимова кількість опадів прогнозується менше, ніж влітку. Але в жорсткому сценарії різниця між сумами опадів в липні та січні по всіх точках є меншою, ніж за умов сценарію РТК4.5: в середньому 32 мм проти майже 41 мм. При цьому різниця між сумами опадів в січні та липні за двома сценаріями є більшою влітку, на фоні більш високих температур.

Тобто, за умов сценарію РТК4.5 на фоні річного підвищення температури очікується більша кількість опадів, ніж в сценарії РТК8.5, за умов якого збільшення річної амплітуди температури повітря супроводжується зменшенням сезонної амплітуди сум опадів на фоні загального змен-

шення їх кількості.

У табл. 2 для порівняння наведені кліматичні дані щодо температури та опадів з Кліматичного кадастру України [13] по чотирьох станціях Закарпаття, географічне положення яких наближено до вузлів розрахункової сітки. Якщо порівняти табл. 1 та 2, можна бачити, що по всіх станціях, окрім Рахіва, очікується підвищення середньорічної температури повітря протягом 2020-2050 рр. на 1,5-1,8 °C. При цьому збільшаться як зимові, так й літні температури. Прогнозовані річні суми опадів також більше, ніж кліматичні показники, по трьох точках за обома сценаріями, причому очікується збільшення як зимових, так й літніх сум опадів. Що стосується району поблизу Рахіва, то тут прогнозується зниження температури взимку та влітку, та відповідне зменшення сум опадів як по сезонах, так і річної кількості.

На рис. 1 для демонстрації динаміки прогностичних температур повітря – середньорічної, середньомісячних за січень та липень, – протягом досліджуваного періоду наведені графіки річного ходу відповідних температур для двох точок розрахункової сітки. В усіх випадках лінія лінійного тренду вказує на підвищення темпера-

Таблиця 2 - Кліматичні характеристики температури та опадів по деяких метеорологічних станціях Закарпаття

Станція	Координати, (пн.ш.-сх.д.)	Висота станції, м	$T_{сер}$ рік	$T_{сер}$ січень	$T_{сер}$ липень	$Q_{сер}$ рік	$Q_{сер}$ січень	$Q_{сер}$ липень
Ужгород	48° 37' – 22° 16'	122	9,7	-2,8	19,9	748	57	86
Великий Березний	48° 53' – 22° 27'	195	8,1	-4,1	18,1	878	60	98
Міжгір'я	48° 31' – 23° 30'	450	6,7	-5,0	16,4	1204	72	146
Рахів	48° 2' – 24° 13'	430	7,3	-4,3	17,0	1197	81	132

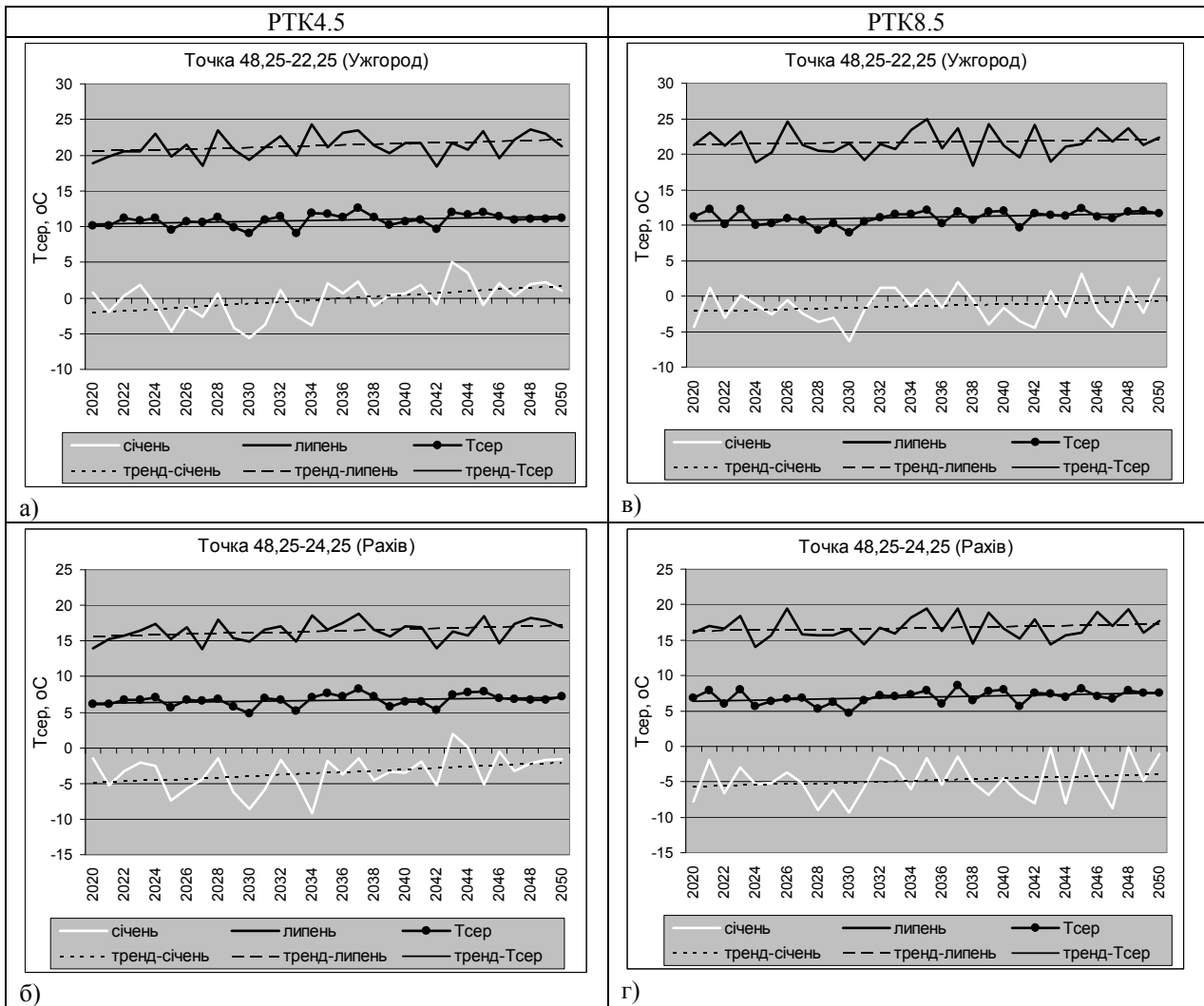


Рис. 1 – Часовий хід прогностичної приземної температури повітря (середньої за рік $T_{сер}$, за січень та липень) за період 2020-2050 рр. по двом точкам розрахункової сітки за кліматичними сценаріями РТК4.5 (а, б) та РТК8.5 (в, г)

тури впродовж періоду, при цьому більш інтенсивне зростання спостерігатиметься взимку, а для сценарію РТК4.5 й влітку.

Згідно побудованих рівнянь лінійних трендів температури отримано, що для двох обраних точок за умов сценарію РТК4.5 підвищення середньорічної температури впродовж 31-го року очікується в межах 0,8-1,0 °С, при цьому січневі температури зростуть на 2,8-3,8 °С, а липневі лише на 1,5-1,7 °С.

За умов сценарію РТК8.5 до 2050 року середньорічна температура підвищиться в середньому на 1,1 °С, але зростання зимових та літніх температур очікується меншим, порівняно з РТК4.5, – у межах 1,4-1,7 °С для січня та 0,6-0,9 °С для липня. Внаслідок різниці темпів зростання температури повітря, відмінності в температурному режимі на кінець прогностичного періоду за двома сценаріями незначні. Така тенденція простежується й за даними глобального кліматичного моделювання, на що вказано раніше в роботі

[8], при цьому значні розбіжності між сценаріями в прогнозованих температурах починаються в більш далекій перспективі на 2050-2080 рр. [7].

На рис. 2 відтворені часові ряди прогностичних сум опадів за період, що розглядається. Можна бачити, що за обома сценаріями тренди річних сум опадів незначні в розрахункових точках. Але формують їх різні тенденції в теплий та холодний періоди.

За умов сценарію РТК4.5 (рис. 2, а, б) влітку (липень) очікується поступове зниження кількості опадів до кінця 2050 р., за трендом майже на 40 мм в Ужгороді та на 26 мм в Рахові впродовж 31-го року. Водночас спостерігатиметься слабка тенденція до збільшення зимових (січень) сум опадів – не більше ніж на 5 мм за 31 рік. Щодо річних сум опадів, прогнозується їх зменшення майже на 59 мм в Ужгороді та очікується без змін у Рахові протягом досліджуваного періоду.

За умов сценарію РТК8.5 (рис. 2, в, г), навпаки, очікується повільне збільшення кількості

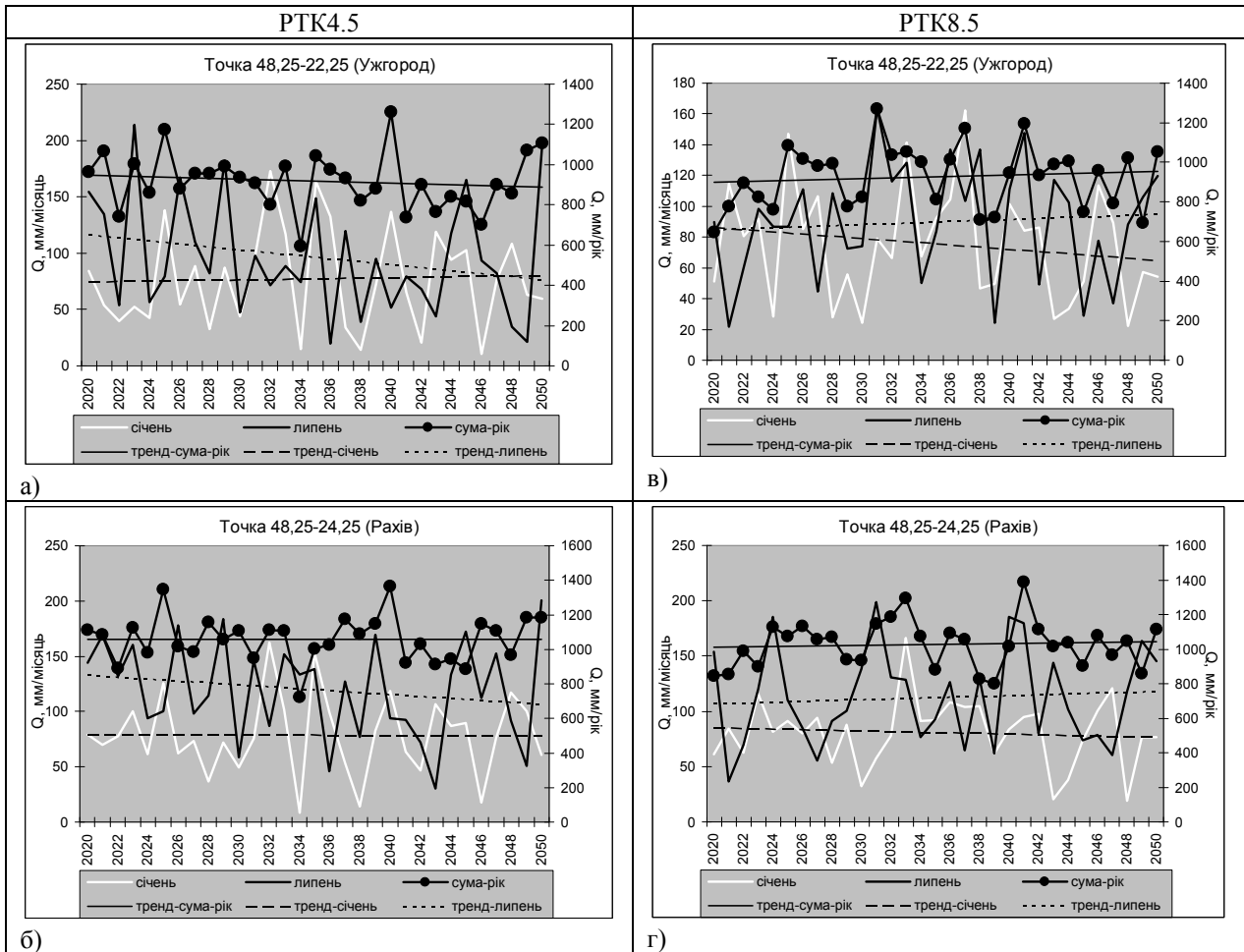


Рис. 2 – Часовий хід прогностичних сум опадів (річних, за січень та липень) за період 2020-2050 рр. по двом точкам розрахункової сітки за кліматичними сценаріями РТК4.5 (а, б) та РТК8.5 (в, г)

опадів влітку та більш відчутне зменшення опадів взимку до кінця прогностичного періоду.

В Ужгороді та Рахові січневі суми опадів можуть зменшитися за трендом на 22 та 9 мм відповідно протягом 31-го року. В липні очікується невелике зростання сум опадів в обох точках в межах 10-11 мм до кінця досліджуваного періоду. Очікується збільшення середньорічних сум опадів на 57 мм в Ужгороді та на 33 мм у Рахові.

Таким чином, прогнозовані опади мають значну розбіжність як між сценаріями, так й сусідніми точками сітки в межах одного сценарію, що відповідає значній просторовій неоднорідності поля опадів в більш теплого кліматі.

3.2 Прогнозований просторово-часовий розподіл посух

Розглянемо, як будуть розподілятися посухи згідно кліматичним сценаріям на території Закарпаття. На рис. 3-4 представлені графіки часового ходу розрахованого індексу посух SPEI для

трьох часових масштабів – 12, 18 та 24 місяці, які характеризують епізоди посушливості, пов'язані з довгоперіодними аномаліями в режимі опадів, що здатні призвести до гідрологічних посух [14, 15]. Індекси SPEI₁₂ та SPEI₂₄ обиралися з розрахованого щомісячного масиву для грудня місяця, індекс SPEI₁₈ – для червня.

За умови реалізації кліматичного сценарію РТК4.5 протягом досліджуваного періоду по двох точках очікується настання 10-11 епізодів посух на масштабі 12 місяців (рис. 3, а, г). Помірна посуха спостерігатиметься у 2022 р., після цього інтенсивність та тривалість посух досить невелика протягом наступних 9-10 років. Починаючи з 2031-2032 рр. кількість посух наростатиме, особливо в точці, наближеній до Ужгорода. Найбільш суворя посуха спостерігатиметься у 2034-2035 рр., коли її інтенсивність досягатиме екстремальних критеріїв. Другий тривалий епізод очікується впродовж 2044-2047 рр., коли інтенсивність посухи коливатиметься від сильної до екстремальної.

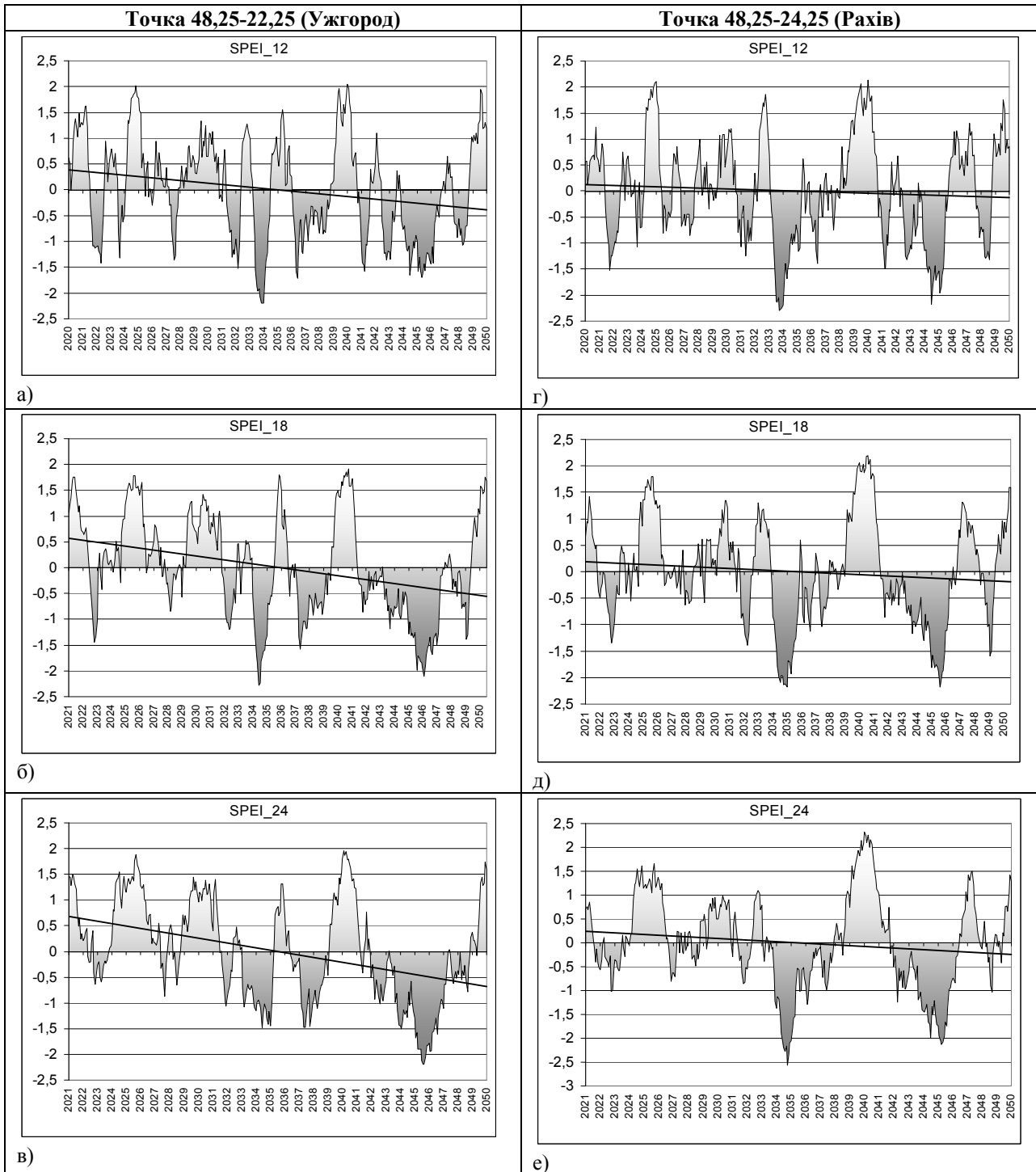


Рис. 3 – Часовий хід індексу SPEI для двох розрахункових точок на масштабах 12, 18 та 24 місяці за період 2021-2050 рр. для кліматичного сценарію РТК4.5

На масштабі 18 місяців (рис. 3, б, д) з 2021 по 2033 рр. епізоди посух будуть нетривалими та мало інтенсивними, при цьому переважатимуть періоди високої зволоженості, яких, принаймні, в районі Ужгорода очікується 3 випадки.

Починаючи з 2034 р. посушливі періоди ставатимуть тривалішими та інтенсивнішими. Відносно коротка екстремальна посуха спостеріга-

тиметься 2034-2035 рр., але у 2042-2047 рр. очікується настання безперервного посушливого періоду, який досягне екстремальної інтенсивності у 2046 р. На масштабі 24 місяці (рис. 3, в, е) простежується аналогічний розподіл посушливих епізодів. З 2020 по 2032 рр. переважатимуть періоди високої зволоженості, що забезпечить відсутність гідрологічних посух. Але, після 2033 р. очі-

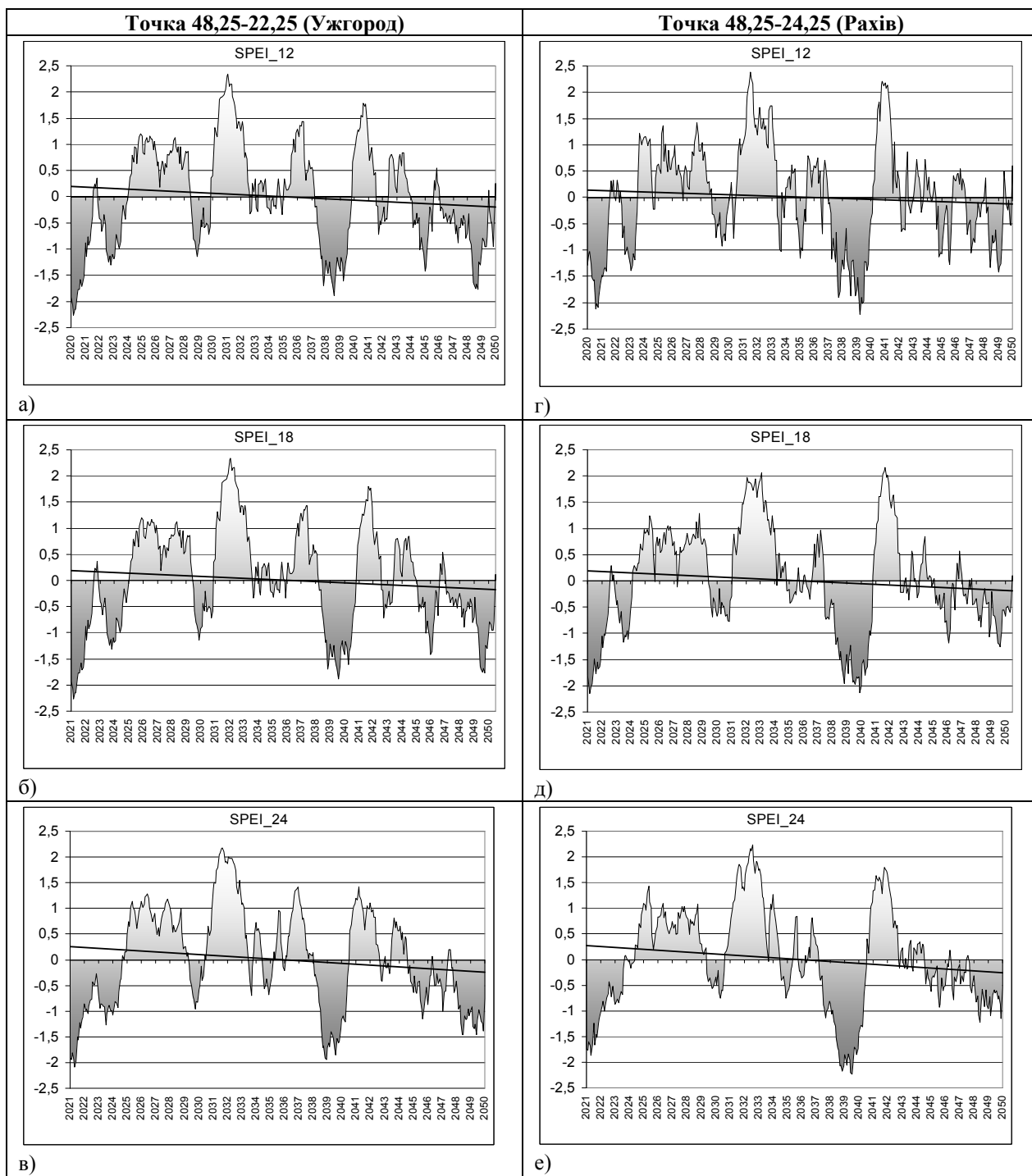


Рис. 4 – Часовий хід індексу SPEI для двох розрахункових точок на масштабах 12, 18 та 24 місяці за період 2021-2050 рр. для кліматичного сценарію РТК8.5

кується настання принаймні двох тривалих та інтенсивних посух, при цьому в районі Ужгорода посуха досягатиме критеріїв екстремальної в посушливому епізоді 2042-2047 рр., а в районі Рахіва – в період 2034-2038 рр.

Побудовані лінійні тренди (див. рис. 3) в обох точках на всіх масштабах свідчать про суттєву зміну режиму зволоження регіону протягом 2021-

2050 рр., від переважно вологих умов у першій половині періоду до переважно посушливих у другій.

За сценарієм РТК8.5 часовий розподіл дещо інший (рис. 4). На масштабі 12 місяців прогнозується 6-7 значущих посушливих періодів протягом 31-го року (рис. 4, а, г). Основні епізоди посух очікуються у 2020-2023 та 2037-2040 рр.,

коли посуха буде майже безперервною й досягатиме критеріїв екстремальної. Також посушливим прогнозується період з 2044 по 2050 рр., але посухи будуть від слабких до помірних та чергуватимуться з періодами зволоження, близькими до норми. На масштабі 18 місяців спостерігатиметься п'ять епізодів посух, основні з них припадають на 2021-2024 та 2038-2041 рр., з інтенсивністю посухи від сильної до екстремальної (рис. 4, б, д). Посухи періоду 2045-2050 рр. очікуються переважно слабкі та помірні. Щодо вологих періодів, то найбільш зволеними умови будуть у 2031-2034 та 2041-2043 рр. На масштабі 24 місяці найбільш важливі епізоди посух прогноуються у ті ж періоди, що й на менших масштабах, при цьому чітко виділяється відносно сприятливий щодо умов зволоження період з 2025 по 2037 рр., коли переважатиме високе зволоження, а посушливі епізоди будуть нетривалими та мало інтенсивними (рис. 4, в, е). Безперервні посухи триватимуть у 2021-2024, 2038-2040 та 2044-2050 рр., при цьому перші дві матимуть інтенсивність від сильної до екстремальної. Лінійні тренди вказують на збільшення посушливості по регіону протягом досліджуваного періоду, але з меншою швидкістю, ніж в сценарії РТК4.5.

Якщо зіставити часовий розподіл посух між двома сценаріями, можна бачити, що прогнозовані епізоди посух та високого зволоження майже протилежні один до одного в часі (порівн. рис. 3 та 4), однак перехід лінійних трендів від додатних до від'ємних значень відбувається в одні й ті ж самі роки – 2036-2037 рр., що свідчить про загальну тенденцію зміни кліматичних умов на більш посушливі незалежно від сценарію.

В табл. 3 наведені результати аналізу очікуваної повторюваності посух за 31-річний період на різних часових масштабах для двох кліматичних сценаріїв. Як можна бачити, на всіх масштабах та для обох сценаріїв переважатимуть слабкі посухи, які становлять близько двох третин всіх посушливих років. На масштабі 12 місяців в сценарії РТК4.5 кількість років зі слабкою посухою коливатиметься в межах 8-10, а помірних – 4-5 років. Сильна посуха прогнозується лише в одній точці, але один рік з екстремальною посухою відмічатиметься в усіх точках. За сценарієм РТК8.5 кількість слабких посух буде дещо менше – 7-9 років, але очікується більше помірних та сильних посух – 4-6 та 1-2 роки відповідно. Екстремальні посухи не прогноуються.

Таблиця 3 – Прогнозована кількість років з посухою різної інтенсивності в розрахункових точках за період 2020-2050 рр. за кліматичними сценаріями РТК4.5 та РТК8.5 на масштабах індексу SPEI 12, 18 та 24 місяці

Точка	РТК4.5				РТК8.5				
	Посухи	слабкі	помірні	сильні	екстрем.	слабкі	помірні	сильні	екстрем.
SPEI 12									
48,25 – 22,25	8	5	0	1	9	5	0	0	
48,75 – 22,25	9	4	0	1	9	4	1	0	
48,25 – 23,25	10	4	0	1	7	5	2	0	
48,25 – 24,25	9	4	1	1	7	6	1	0	
SPEI 18									
48,25 – 22,25	10	4	1	0	9	5	1	0	
48,75 – 22,25	11	3	1	1	7	4	2	0	
48,25 – 23,25	10	3	2	0	11	4	1	0	
48,25 – 24,25	11	2	1	1	12	2	1	1	
SPEI 24									
48,25 – 22,25	8	5	1	0	11	2	2	0	
48,75 – 22,25	10	2	3	0	10	4	1	0	
48,25 – 23,25	9	4	2	0	12	4	1	0	
48,25 – 24,25	11	2	1	1	12	2	2	0	

На масштабі 18 місяців за умови реалізації сценарію РТК4.5 кількість слабких посух становить 10-11 років, помірних 2-3 роки, сильних та екстремальних (не всюди) – від 1 до 2 років. В сценарії РТК8.5 розкид повторюваності слабких посух становить від 7 до 12 років, помірних – від 2 до 5 років.

Сильні посухи спостерігатимуться в 1-2 роках, а одна екстремальна посуха очікується лише в одній точці (Рахів).

На масштабі 24 місяці в сценарії РТК4.5 слабкі посухи прогноуються в 8-11 роках, помірні в 2-5 роках. Спостерігатиметься від 1 до 3 років з сильною посухою, і одна екстремальна посуха в точці біля Рахіва. В жорсткому сценарії РТК8.5 кількість слабких посух очікується в межах 10-12 років, помірних посух – в 2-4 роках, сильних посух – від 1 до 2 років.

Таким чином, в сценарії РТК4.5 на більших часових масштабах (18 та 24 місяці) загальна кількість помірних та сильних посух вища, ніж на масштабі 12 місяців, а кількість екстремальних посух так ж сама, що вказує на ймовірність формування гідрологічних посух у зв'язку з тривалою нестачею атмосферних опадів.

В жорсткому сценарії РТК8.5 загальна кількість очікуваних посух на масштабі 12 місяців менша, ніж в сценарії РТК4.5, екстремальні посухи майже не прогноуються в жодному з часових масштабів. На більших масштабах зростатиме кількість років з м'якими посухами та зменшиться кількість з помірними при збереженні відносно невеликої частки років з сильними посухами, що, у цілому, спричинятиме зменшення річкового стоку через нестачу опадів на фоні посиленого випаровування при прогнозованому зростанні температури повітря.

4. ВИСНОВКИ

Виконаний аналіз прогнозованого режиму температури повітря та опадів по території Закарпаття за даними регіонального кліматичного моделювання показав, що в короткостроковій перспективі до 2050 р. очікується загальне підвищення приземної температури повітря, при цьому більш інтенсивне її зростання спостерігатиметься взимку. В жорсткому сценарії РТК8.5 порівняно з РТК4.5 прогноуються більш висока середньорічна температура повітря (в середньому на 0,2 °C) за одночасно високої річної амплітуди, що свідчить про підвищену ймовірність настання періодів екстремально високих та низьких температур.

На фоні річного підвищення температури загальна кількість опадів за обома сценаріями майже не змінюватиметься впродовж досліджуваного періоду. При цьому, за сценарієм РТК4.5 кількість опадів влітку буде знижуватися, а за сценарієм РТК8.5 – повільно збільшуватися, опади взимку матимуть протилежні тенденції в обох сценаріях.

Згідно очікуваних температурно-вологісних умов на розглянутих часових масштабах (12, 18 та 24 місяці) в обох сценаріях переважатимуть слабкі посухи, повторюваність яких коливатиметься в межах 7-11 років. При цьому, зі зростанням часового масштабу в м'якому сценарії РТК4.5 прогноуються більша кількість помірних, сильних та екстремальних посух, ніж в сценарії РТК8.5. Часовий хід посушливих та вологих періодів майже протилежний для двох сценаріїв, але в обох випадках очікується наростання тривалості та інтенсивності епізодів посух після середини 2030-х років.

Отримані результати свідчать про те, що в умовах прогнозованих змін клімату в короткостроковій перспективі слід очікувати зменшення водності та стоку річок Закарпатського регіону, і, як наслідок, настання гідрологічної посухи, з більшою ймовірністю та інтенсивністю за умови реалізації кліматичного сценарію РТК4.5, ніж у випадку сценарію РТК8.5. Виконаний аналіз матиме продовження в дослідженнях по встановленню кількісних зв'язків метеорологічних показників посух з гідрологічними характеристиками водних об'єктів в майбутніх кліматичних умовах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. К.: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
2. Бучинский И. Е. Засухи и суховеи. Ленинград: Гидрометеоздат, 1976. 214 с.
3. Семёнова И. Г. Оценка пространственно-временного распределения засух на Украине в вегетационный период. // Труды ГГО им. А. И. Воейкова. 2014. Вып. 571. С. 134-146.
4. Svoboda M, Fuchs B. A. *World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2.* Geneva.
5. Vicente-Serrano S. M., Beguería S., López-Moreno J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 2010, 23 (7), pp. 1696–1718.
6. Ovcharuk V., Semenova I., Tonkoshkura V. Hydrological drought in Transcarpathia. *Abstract book of 26th IUGG*

- 2015 General Assembly, 22 June - 2 July, 2015. Prague, the Czech Republic. HW04 Hydrological Change in Statistical Perspective, HW04p-105.
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324 (Eds: Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia A., Bex A., Midgley P. M.).
 - Семенова І. Г. Просторово-часовий розподіл посух в Україні в умовах майбутньої зміни клімату // Фізична географія та геоморфологія. 2015. Вип. 1 (77). С. 144-151.
 - Vicente-Serrano S. M., Beguería S., López-Moreno J. I., Angulo M., El Kenawy A. A new global 0.5° gridded dataset (1901 – 2006) of a multiscalar drought index: comparison with current drought index datasets based on the palmer drought severity index. *Journal of Hydrometeorology*, 2010, 11 (4), pp. 1033–1043.
 - Thornthwaite C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Revew.*, 1948, 38, pp. 55-94.
 - Abramopoulos F., Rosenzweig C., Choudhury B. Improved ground hydrology calculations for global climate models (GCMs): Soil water movement and evapotranspiration. *Journal of Climate*, 1988, 1, pp. 921–941.
 - Giorgi F., Gutowski W. J., Jr. Regional Dynamical Downscaling and the CORDEX Initiative. *Annual Review of Environment and Resources*, 2015, 40, pp. 467-490. DOI: 10.1146/annurev-environ-102014-021217.
 - Кліматичний кадастр України: стандартні кліматичні норми за період 1961-1990 рр. Київ: Центральна геофізична обсерваторія, 2006.
 - Bates B. C., Kundzewicz Z. W., S Wu, Palutikof J. P. (Eds). 2008: *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, 210 p.
 - McEvoy D. J., Huntington J. L., Abatzoglou J. T., Edwards L. M. An evaluation of multiscalar drought indices in Nevada and Eastern California. *Earth Interactions*, 2012, 16, Paper no. 18. DOI 10.1175/2012EI000447.1.
 - Svoboda M, Fuchs B. A. *World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices. Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2*. Geneva.
 - Vicente-Serrano S. M., Beguería S., López-Moreno J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 2010, 23 (7), pp. 1696–1718.
 - Ovcharuk V., Semenova I., Tonkoshkura V. Hydrological drought in Transcarpathia. *Abstract book of 26th IUGG 2015 General Assembly, 22 June – 2 July, 2015*. Prague, the Czech Republic. HW04 Hydrological Change in Statistical Perspective, HW04p-105.
 - IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324 (Eds: Stocker T. F., Qin D., Plattner G.-K., Tignor M., Allen S. K., Boschung J., Nauels A., Xia A., Bex A., Midgley P. M.).
 - Semenova I. G. Просторово-часовий розподіл посух в Україні в умовах майбутньої зміни клімату [The spatial and temporal distribution of droughts in Ukraine under the future climate changes]. *Фізична географія та геоморфологія - Physical geography and geomorphology*, 2015, no. 1 (77), pp. 144-151.
 - Vicente-Serrano S. M., Beguería S., López-Moreno J. I., Angulo M., El Kenawy A. A new global 0.5° gridded dataset (1901–2006) of a multiscalar drought index: comparison with current drought index datasets based on the palmer drought severity index. *Journal of Hydrometeorology*, 2010, 11 (4), pp. 1033–1043.
 - Thornthwaite C. W. An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Revew.*, 1948, 38, pp. 55-94.
 - Abramopoulos F., Rosenzweig C., Choudhury B. Improved ground hydrology calculations for global climate models (GCMs): Soil water movement and evapotranspiration. *Journal of Climate*, 1988, 1, pp. 921–941.
 - Giorgi F., Gutowski W. J., Jr. Regional Dynamical Downscaling and the CORDEX Initiative. *Annual Review of Environment and Resources*, 2015, 40, pp. 467-490. DOI: 10.1146/annurev-environ-102014-021217.
 - Climate cadastre of Ukraine: standard climatic norms for the period of 1961 - 1990*. Kyiv: Central geophysical observatory, 2006. (In Ukrainian).
 - Bates B. C., Kundzewicz Z. W., S Wu, Palutikof J. P. (Eds). 2008: *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, 210 p.
 - McEvoy D. J., Huntington J. L., Abatzoglou J. T., Edwards L. M. An evaluation of multiscalar drought indices in Nevada and Eastern California. *Earth Interactions*, 2012, 16, Paper no. 18. DOI 10.1175/2012EI000447.1.

REFERENCES

AN ASSESSMENT OF SPATIOTEMPORAL DISTRIBUTION OF DROUGHT IN TRANSCARPATHIAN REGION DURING THE NEAREST PERSPECTIVE UNTIL 2050

I. G. Semenova, dr.geogr.sci., ass. professor

Odessa State Environmental University,
Lvivska st.,15, 65016 Odessa, Ukraine, meteo@odeku.edu.ua

The paper describes the features of spatiotemporal distribution of drought at long-time periods

in Transcarpathian region under the projected temperature and precipitation regime in the period of 2020-2050. Analysis of temperature and moisture conditions was produced using the CORDEX climate modeling data for climate scenarios of RCP4.5 and RCP8.5. It is shown that an increase of mean annual air temperature at the stations will occur mainly due to increasing of winter temperatures in both scenarios. The average annual precipitation sum will increase insignificantly, but will be observed the opposite trends in winter and summer precipitation. Evaluation of spatial and temporal distribution of drought using drought index SPEI showed that expected a general increase of the regional aridity during the studied period. Weak droughts will be prevail in both scenarios with amount about 7-11 cases per 31 years. At the same time, under the relatively mild scenario RCP4.5 the droughts are predicted more intensive, and under both scenarios the total number of moderate and severe droughts increases on time scales more than one year. The time course of dry and wet periods almost the opposite between scenarios, but in both scenarios is expected an increase of duration and intensity of drought episodes after mid of 2030s.

Keywords: drought, climate scenario, drought index.

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАСУХ В ЗАКАРПАТСКОМ РЕГИОНЕ В КРАТКОСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ ДО 2050 ГОДА

И. Г. Семёнова, д-р. геогр. наук, доцент

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, meteo@odeku.edu.ua*

В статье рассмотрены особенности пространственно-временного распределения засух на длительных временных интервалах в Закарпатском регионе в условиях прогнозируемого режима температуры и осадков на период 2020-2050 гг. Анализ температурно-влажностных условий выполнен с использованием данных климатического моделирования проекта CORDEX для климатических сценариев РТК4.5 и РТК8.5. Показано, что рост среднегодовой температуры воздуха на станциях будет происходить преимущественно за счет повышения зимних температур в обоих сценариях. Среднегодовое количество осадков незначительно вырастет, но будут наблюдаться противоположные тенденции в зимних и летних осадках. Оценка пространственно-временного распределения засух с помощью индекса засухи SPEI показала, что ожидается общее увеличение степени засушливости по региону в течение исследуемого периода. При этом, в условиях относительно мягкого сценария РТК4.5 засухи прогнозируются более интенсивными, а по обоим сценариям общее количество умеренных и сильных засух увеличивается на временных масштабах более одного года.

Ключевые слова: засуха, климатический сценарий, индекс засухи.

*Дата першого подання: 06.09.2016
Дата надходження остаточної версії : 18.11.2016
Дата публікації статті : 24. 11. 2016*