

по отдельным месяцам в течение десятилетий конца XX - начала XXI веков (1991-2000 и 2001-2010 гг.). В статье представлен сравнительный анализ температурных условий достижения отложениями гололеда категории ОЯ и СГЯ максимальных диаметров течение отдельных месяцев периодов 1991-2000 и 2001-2010 гг. Установлено общие черты и различия в повторяемости отдельных градаций температуры при которой было достигнуто максимальных диаметров отложениями гололеда категории ОЯ и СГЯ.

Ключевые слова: отложения гололеда, стандартный гололедных станок, температура воздуха при достижении отложениями гололеда максимального диаметра категории ОЯ и СГЯ.

Надійшла до редколегії 10.11.2015

УДК 551.577.38 + 551.581.1

Ермоленко Н. С., Хохлов В. М.

Одеський державний екологічний університет

ОЦІНКА МАЙБУТНЬОГО РОЗПОДІЛУ ПОСУХ В УКРАЇНІ У ПЕРІОД 2011–2040 РР.

Ключові слова: температура повітря, опади, посуха, стандартизований індекс опадів та сумарного випаровування, регіональні кліматичні моделі

Вступ. За даними Міжнародної групи експертів з питань зміни клімату в останні десятиріччя відзначається істотне збільшення повторюваності екстремальних метеорологічних та кліматичних явищ. Досить імовірно, що в глобальному масштабі число холодних днів і ночей знизилось, а число теплих днів і ночей збільшилося. Ймовірно, що повторюваність хвиль тепла зросла на значній частині території Європи. Також збільшилась повторюваність, тривалість та інтенсивність таких небезпечних природних явищ як посухи [1].

В останні десятиріччя саме проблема посушливості стоїть дуже гостро в багатьох країнах світу. З усіх небезпечних природних явищ XX сторіччя посуха мала найбільш негативний вплив на всі галузі економіки. Збільшення температури повітря в глобальному масштабі є одним з головних факторів посилення екстремальності посух у всьому світі. Експериментально доведено, що перше десятиріччя XXI ст. було найтеплішим, а підвищення температури повітря в XX ст. відбувалося у два періоди – в 1910–1940-х роках та починаючи з кінця 1970-их до теперішнього часу. Підвищення глобальних середніх температур, яке спостерігається з середини XX ст., здебільшого викликано підвищенням концентрацій антропогенних парникових газів.

Матеріали та методи дослідження. Застосування сучасних показників виявлення посух, які враховують як мінливість поля опадів, так і температурні аномалії, дає можливість встановити регіональні особливості розподілу посух та

їх ступінь екстремальності. В даній роботі з метою встановлення просторово-часового розподілу посух використовується новий індекс посухи – стандартизований індекс опадів та сумарного випаровування (SPEI). Явище посухи фіксується в тому випадку, якщо індекс SPEI < -1 [2].

Проте для сучасної науки цікавим є не лише дослідження посух за фактичними даними, а й можливість прогнозування періоду виникнення посух, їх тривалості та інтенсивності в найближчому майбутньому, задля попередження негативного впливу цього небезпечного природного явища. Таке дослідження можливе з використання різних сучасних гідродинамічних моделей та сценаріїв зміни клімату. Відомо, що таких моделей клімату, як і наукових методик прогнозу клімату, існує досить багато.

Для визначення очікуваної мінливості індексів посухи SPEI протягом 2011–2040 рр. застосовувались дані середньомісячної температури та місячної суми опадів регіональних кліматичних моделей (PKM) Європейського проекту кліматичних досліджень ENSEMBLES [3]. При цьому був сформований ансамбль моделей, що складається з 9 глобальних моделей, в яких відібрано 14 регіональних кліматичних моделей з кроком сітки 25 км. Така роздільна здатність є найбільш придатною для дослідження регіональних особливостей кліматичних змін в певному пункті чи області.

Дослідження виконувались для чотирьох пунктів, що знаходяться в різних регіонах України, а саме Чернігів, Одеса, Ужгород, Луганськ.

З метою виявлення характерних відмінностей в модельних показниках для кожного пункту та всіх моделей розраховані середньорічні значення температури для всього періоду 2011–2040 рр. та річні суми опадів в середньому для цього ж часового проміжку (табл. 1). Для порівняння в таблиці також наведені дані багаторічної кліматичної норми вказаних характеристик з кліматичного кадастру України [4].

Основні результати. Аналізуючи результати обчислення середньорічної температури повітря в середньому за весь тридцятирічний період можна відзначити, що для всіх пунктів дослідження найвищі значення середньорічної температури повітря, які перевищують кліматичну норму в середньому на 2–3 °С, очікуються за даними декількох кліматичних моделей. Зокрема, це регіональна модель HIRHAM, розроблена в Датському метеорологічному університеті (DMI) [5]. Також значно вищі температурні показники очікуються за даними регіональної моделі RCA3, яка розробляється в Росбї центрі Шведського гідрометеорологічного інституту (Норчепінг, Швеція) [6].

Треба зазначити, що практично всі РКМ в найближчі 30 років прогнозують збільшення температури повітря для всіх пунктів дослідження. Високою точністю відзначаються регіональні моделі RCA, REMO та Aladin. Модель RCA та її удосконалена версія RCA3, що реалізована в глобальній моделі ECHAM5, сформована в

Ірландському національному метеорологічному інституті [7]. Регіональна кліматична модель REMO розроблена в Інституті метеорології ім. Макса Планка в Гамбурзі [6]. Модель Aladin створена у науково-дослідному інституті Метео-Франс (Тулуза, Франція) та реалізована в межах глобальної моделі APREGE_RM5.1. За даними цих моделей у всіх пунктах очікується підвищення температури повітря на 1–2°С. Найвищі значення середньорічної температури прогнозуються для Одеси, в середньому на рівні 11–13°С при багаторічній кліматичній нормі 10,1°С.

В той час мінімальні значення температури повітря, що очевидно значно занижені, демонструє кліматична модель CRCM, розроблена Департаментом кліматологічних досліджень Канади (м. Монреаль) [8]. За даними цієї моделі прогнозовані значення температури повітря на 3–4 °С нижче значень базового періоду (1961–1990 рр.).

Також можна зауважити, що найвищі температурні показники протягом наступного тридцятиріччя очікуються на півдні України, що підтверджують результати отримані для м. Одеса. Деяко менші значення, проте також вищі за багаторічну кліматичну норму, прогнозуються в Ужгороді та Луганську. Найнижчі ж величини середньорічної температури повітря всі РКМ демонструють для Чернігова.

Таблиця 1 – Середньорічна температура повітря (Т, °С) та річна сума опадів (Q, мм) для різних моделей зміни клімату за період 2011–2040 рр.

№	Глобальна модель	Регіональна модель	Ужгород		Луганськ		Чернігів		Одеса	
			Т, °С	Q, мм	Т, °С	Q, мм	Т, °С	Q, мм	Т, °С	Q, мм
1	APREGE_RM5.1	Aladin	9,9	955	10,5	503	9,0	623	11,8	397
2	APREGE	HIRHAM	11,9	832	11,5	641	8,9	726	13,7	391
3	ECHAM5-r3	RACMO	10,2	817	9,6	509	8,2	645	11,9	359
4		RCA	9,4	903	9,5	634	8,3	810	11,7	461
5		REMO	10,1	891	10,0	626	7,9	730	12,7	407
6		DMI-HIRHAM5	12,5	1387	11,6	1488	10,9	888	14,9	480
7	ECHAM5	RCA3	9,5	863	9,9	634	8,1	766	11,4	458
8	CGCM3	CRCM	4,5	781	5,3	580	3,0	644	7,8	681
9	BCM	RCA	11,1	891	11,7	1898	10,7	1150	13,2	1607
10		DMI- HIRHAM5	7,5	1287	7,7	928	5,2	837	10,1	553
11	HadCM3Q0	CLM	10,4	1144	11,5	609	9,0	951	12,8	449
12		PRCM	9,9	744	9,2	777	7,4	706	11,4	830
13	HadCM3Q3	RCA	8,6	786	8,8	660	7,1	686	10,6	474
14	HadCM3Q16	RCA3	11,8	731	11,3	970	9,8	680	13,3	403
15	За даними кліматичного кадастру		9,7	748	8,5	474	6,7	599	10,1	464

Аналіз багаторічного розподілу опадів показав, що за даними кліматичного кадастру України максимальна річна сума опадів (748 мм) спостерігається в Ужгороді, мінімальні ж показники цієї величини відзначаються в Луганську та Одесі. Якщо порівнювати фактичні кліматичні дані з модельними, можна зауважити, що більшість з розглянутих моделей прогнозують збільшення кількості опадів протягом 2011–2040 рр. Лише в Одесі за даними практично усіх моделей очікується річна кількість опадів в межах норми та навіть менше цієї величини. Проте важливо відзначити, що деякі РКМ демонструють явне аномальне завищення показників річної суми опадів. Так, DMI-HIRHAM5 – регіональна модель Данського метеорологічного інституту для Ужгороду та Луганську практично в два рази перевищує показники базового періоду. При цьому для Одеси дана модель показує результати наближені до норми. Завищені в декілька разів значення кількості опадів фіксуються для трьох з чотирьох пунктів дослідження за показниками регіональної моделі RCA, сформованої на основі глобальної – BCM. Також для Ужгороду дещо завищені значення прогнозують регіональні моделі CLM та DMI-HIRHAM5, що використовують граничні умови глобальної моделі HadCM3Q0 та BCM відповідно (табл. 1).

Найбільш близькими до багаторічних кліматичних показників за своїми величинами суми опадів є моделі RCA3, RCA та REMO, що є реалізаціями глобальних кліматичних ECHAM5, HadCM3Q3 та ECHAM5-r3.

Варто зауважити, що при формуванні тієї чи іншої кліматичної моделі враховується різні сценарії майбутніх змін клімату. Сценарії являють собою альтернативні прогнози можливого розвитку подій у майбутньому, вони також є слушним засобом для аналізу того, яким чином визначальні фактори можуть впливати на показники майбутніх викидів. Вони сприяють аналізу змін клімату, включаючи моделювання клімату та оцінку наслідків, адаптацію та пом'якшення наслідків. Робочою групою Міжнародної групи експертів зі змін клімату [9] були розроблені чотири основних описових сюжетних ліній. Кожна сюжетна лінія зображує різні демографічні, соціальні, економічні, технологічні та екологічні події, які одними особами можуть розглядатися

позитивно, а іншими – негативно. Сценарії містять широкий перелік основних демографічних, економічних та технологічних визначальних факторів парникових газів та викидів сірки. Кожний сценарій являє собою конкретне кількісне тлумачення однієї з чотирьох сюжетних ліній [10].

В даному випадку практично всі розглянуті моделі входять до сценарної родини A1. Це сімейство сценаріїв передбачає швидкий економічний розвиток людства, з піком народонаселення планети на середину століття та наступним його зниженням, зі швидким запровадженням нових ефективних технологій. Головними темами розвитку будуть зближення регіонів, накопичення потенціалу та розвиток культурних та соціальних зв'язків, суттєве зменшення відмінностей між регіонами у доходах на душу населення. Сімейство сценаріїв A1 розвивається у три окремі групи в залежності від технологічних змін у енергетичній системі. Проте майже всі представлені моделі реалізовувались для сценарію A1B, що передбачає збалансований розвиток всіх джерел енергії [10]. Єдине виключення становить регіональна модель зміни клімату RCA3, сформована на основі глобальної ECHAM5, що представлена для сюжетної лінії A2, описує дуже гетерогенний світ. Головною темою є розвиток самодостатності та збереження локальних особливостей. Взаємозближення та збагачення між регіонами відбувається дуже повільно, що призводить до постійного зростання населення [10].

За даними 14 вказаних регіональних моделей для кожного пункту спостережень розраховані очікувані протягом 2011–2040 рр. модельні значення індексу посухи SPEI з масштабом часу 24 місяці. Далі з використанням цих результатів обчислені середні показники SPEI за всім ансамблем моделей, що, в свою чергу, дає можливість встановити найбільш ймовірний майбутній розподіл індексу посухи з врахуванням різних сценаріїв зміни клімату. Також обчислені довірчі інтервали вказаного часового розподілу. Очевидно, що аналіз середнього розподілу за даними 14 РКМ не може продемонструвати в який саме рік чи місяць сформується посуха, проте такий підхід дає можливість розглянути загальні очікувані тенденції розподілу індексу SPEI та встановити період настання найбільш ймовірних посух, які прогнозуються за

даними більшості кліматичних моделей. Тому, для більшої наочності побудовані графіки розподілу індексу SPEI24 протягом 1981–2040 рр. При цьому перші 30 років, тобто 1981–2010 рр., представлені за фактичними даними вхідних змінних, а наступне тридцятиріччя – результатами модельних розрахунків окремо для кожної РКМ та загалом в середньому для всього ансамблю моделей з зазначенням меж довірчих інтервалів.

Результати обчислення для пункту Чернігів представлені на рис. 1. Протягом 1981–2010 рр. часовий розподіл індексу посухи демонструє тренд на зменшення величин індексу SPEI, а відповідно збільшення кількості та інтенсивності посух. При моделюванні очікуваного розподілу індексу посухи встановлено, що в 2011–2040 рр. індекси SPEI демонструють тренд на зменшення своїх показників. В середньому індекс SPEI практично протягом всього тридцятирічного періоду за своїми значеннями близький до 0. Висока ймовірність виникнення посух відзначається протягом 2014–2016 рр. та 2024–2026 рр. Проте окремо виділяється часовий проміжок на початку 2030-х років,

де простежується чітко зменшення показників індексу до від'ємних значень практично для всіх РКМ та відповідної середньої величини. Таким чином, в Чернігові найбільш ймовірним періодом формування посух є 2030–2035 рр.

Результати розрахунку очікуваних індексів посухи і відповідно їх часовий розподіл в м. Одеса за даними РКМ переставлений на рис. 2. Перший тридцятирічний період, розрахований за фактичними даними, відзначається різким збільшенням посушливих випадків. Оскільки протягом цього періоду часу фіксується декілька інтенсивних та тривалих посух. Часовий розподіл модельних показників SPEI в наступні 30 років також демонструє тренд на зменшення значень індексу. Найбільш ймовірне формування посух також в період з 2030 р. по 2035 р. За даними розташування меж довірчих інтервалів, можна стверджувати, що велика ймовірність виникнення посух є в 2015 р., 2025 р. і загалом після 2030-х й до кінця періоду дослідження.

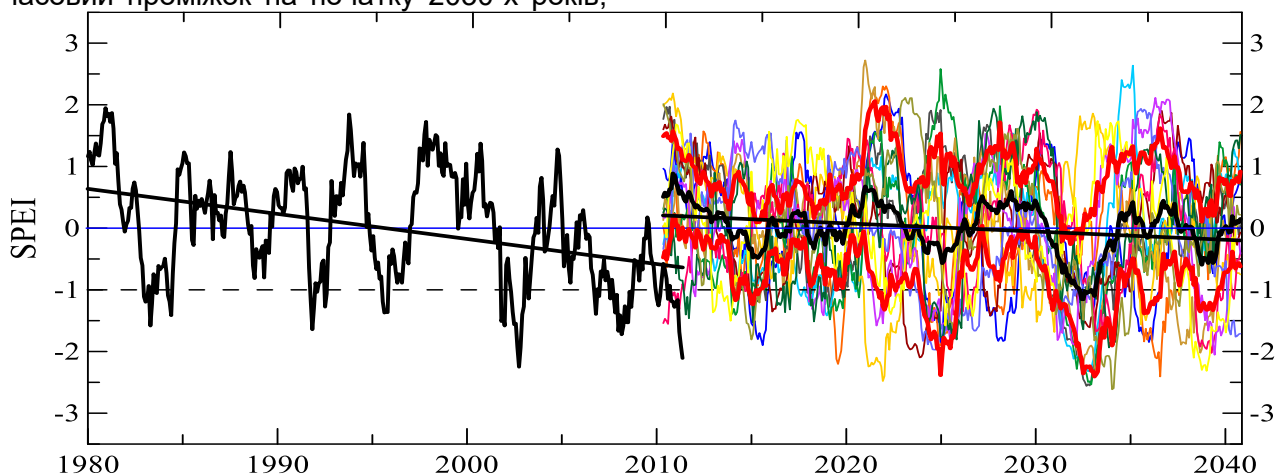


Рис. 1 – Індекси посухи SPEI24 в м. Чернігів протягом 1981–2040 рр. за даними РКМ

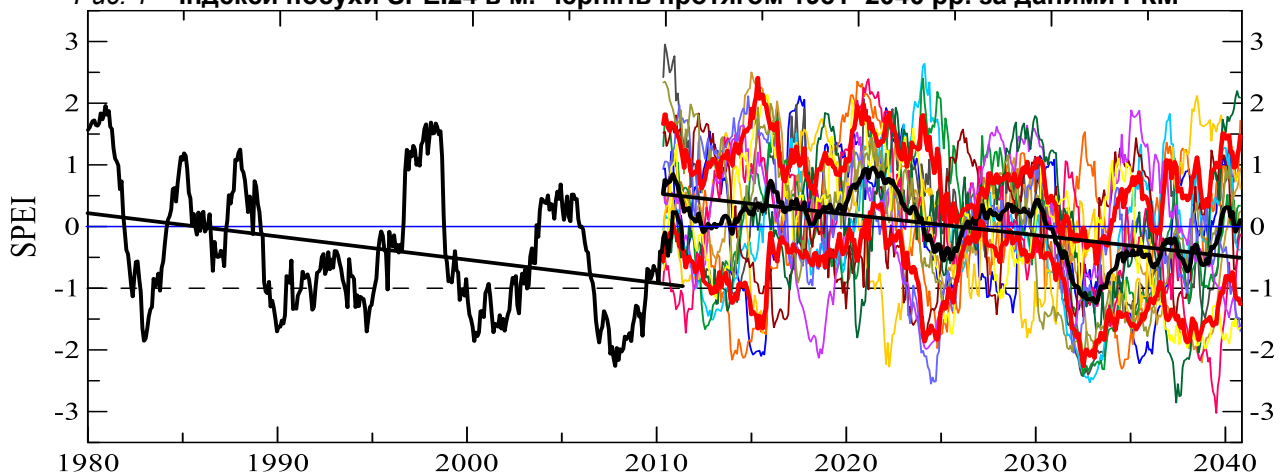


Рис. 2 – Індекси посухи SPEI24 в м. Одеса протягом 1981–2040 рр. за даними РКМ

Подібні результати отримані й для двох інших пунктів дослідження. Фактичний розподіл індексу посухи та його модельні дані для Ужгороду зображені на рис. 3. Не такий інтенсивний, як, наприклад в Одесі, проте також тренд на збільшення посух спостерігається для обох тридцятирічних періодів. Фактичні індекси SPEI демонструють максимальне збільшення посух на початку 2000-х років. В той час розподіл стандартизованого індексу посухи за показниками, одержаними на основі використаних регіональних кліматичних моделей, демонструє подібний тренд. Проте в Ужгороді інтенсивність очікуваного зменшення SPEI є більшою, ніж в Чернігові.

Для Луганська найбільш тривала та інтенсивна посуха протягом 1980–2010 рр. спостерігається в кінці цього періоду, тобто 2006–2010 рр. А загалом для всього тридцятиріччя, як і в попередніх випадках, простежується чіткий тренд на збільшення посушливості.

Побудований часовий хід SPEI для ансамблю моделей в Луганську в наступне тридцятиріччя також демонструє очікуване зменшення показників індексу посухи, проте це зменшення найменш інтенсивне серед всіх пунктів дослідження. Проте й для Луганську на початку 2030-х років зафіксоване найбільш ймовірне формування інтенсивної тривалої посухи (рис. 4).

Висновок. За результатами обчислення очікуваного часового розподілу індексів посух для певного набору регіональних кліматичних моделей встановлено, що протягом 2011–2040 рр. у всіх регіонах України в середньому очікується зменшення показників індексу SPEI, тобто збільшення посух. Найбільш інтенсивним це збільшення очікується на півдні країни. При цьому найбільш ймовірним для всіх пунктів дослідження є формування посух на початку 2030-х років.

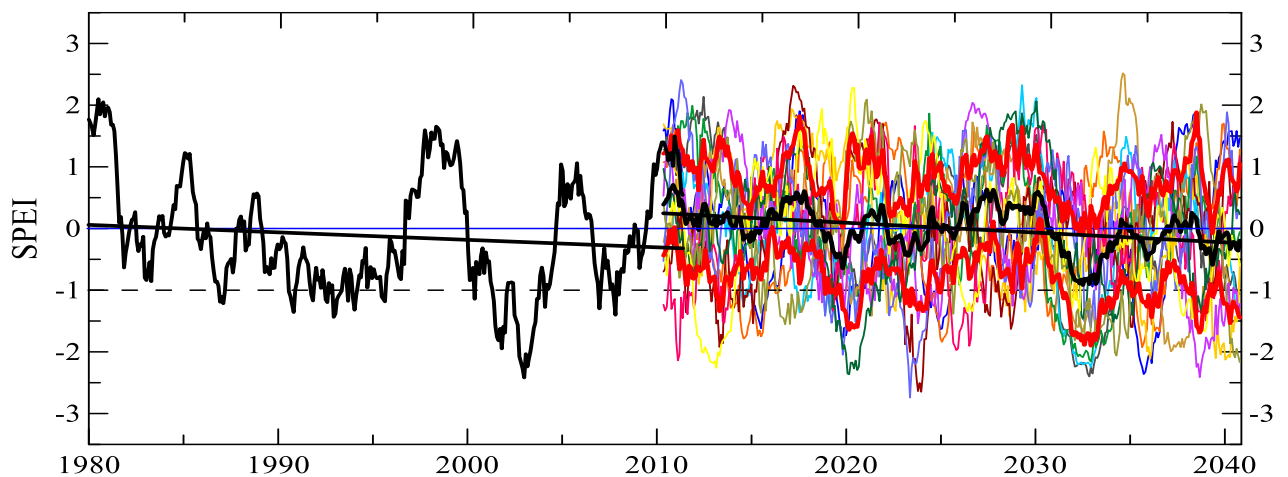


Рис. 3 – Індекси посухи SPEI24 в м. Одеса протягом 1981–2040 рр. за даними РКМ

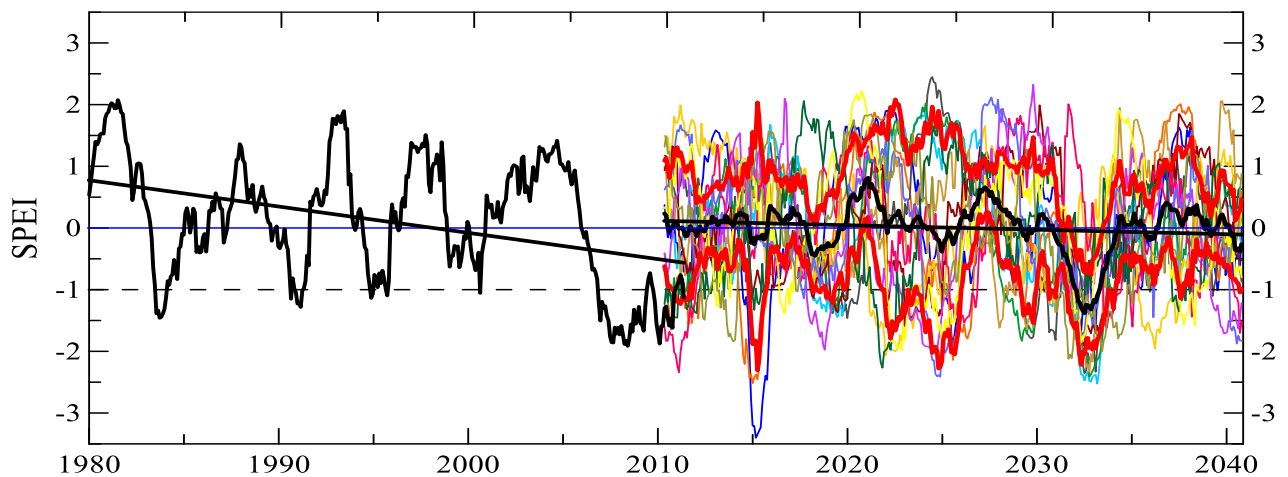


Рис. 4 – Індекси посухи SPEI24 в м. Луганськ протягом 1981–2040 рр. за даними РКМ

Список літератури

1. Climate Change 2013: The Physical Science Basis / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor [et al.] // Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, 2013. – 1535 p. 2. Vicente-Serrano S.M. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index / Sergio M. Vicente-Serrano, Santiago Beguería, Juan I. López-Moreno // Journal of Climate. – 2010. – Vol. 23, No. 7. – P. 1696-1718. 3. ENSEMBLES project [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://ensemblesr3.dmi.dk>. 4. Кліматичний кадастр України (електронна версія) / Державна гідрометеорологічна служба [та ін.]. – Київ: Б.в. – 2006. 5. Danish Meteorological Institute [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.dmi.dk/>. 6. Samuelsson P. The Rossby centre regional climate model RCA3: Model description and performance / Patrick Samuelsson, Colin G. Jones, Ulrika Willén [et al.] // Tellus A. – 2011. – Vol. 63. – P. 4-23. 7. Jacob D. A note to the simulation of the annual and inter-annual variability of the water budget over the Baltic Sea drainage basin / D. Jacob // Meteorology and Atmospheric Physics. – 2001. – Vol. 77, No. 1. – P. 61-73. 8. Consortium on regional climatology and adaptation to climate change [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.ouranos.ca/en/>. 9. Climate Change 2007: The Physical Science Basis / S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen [et al.] // Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. – Cambridge University Press, 2007. – 996 p. 10. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change / N. Nakicenović [et al.] // Special Report on Emission Scenarios. – Cambridge University Press, 2000. – 599 p.

Ермоленко Н.С., Хохлов В.М. Оцінка майбутнього розподілу посух в Україні у період 2011–2040 рр. Аналізувався майбутній просторово-часовий розподіл посух в Україні протягом 2011–2040 рр. за даними регіональних кліматичних моделей. Встановлено, що в усіх регіонах України очікується тенденція до збільшення кількості посух. Найбільша ймовірність виникнення тривалих та інтенсивних посух прогнозується на початку 2030-х років.

Ключові слова: температура повітря, опади, посуха, стандартизований індекс опадів та сумарного випаровування, регіональні кліматичні моделі.

Yermolenko N., Khokhlov V. Assessment of future droughts in Ukraine during 2011–2040. The future (2011–2040) spatiotemporal distribution of droughts in Ukraine was analyzed by using results of regional climate models. It was revealed that the tendency to the increasing number of droughts will be expected for all regions of Ukraine. The prolonged and severe droughts will be most probable in early 2030s.

Key words: air temperature, precipitation, drought, standardized precipitation evapotranspiration index, regional climate models.

Ермоленко Н.С., Хохлов В.Н. Оценка будущего распределения засух в Украине в период 2011–2040 гг. Анализировалось будущее пространственно-временное распределение засух в Украине в 2011-2040 гг. по данным региональных климатических моделей. Установлено, что во всех регионах Украины ожидается тенденция к увеличению количества засух. Наибольшая вероятность возникновения длительных и интенсивных засух прогнозируется в начале 2030-х годов.

Ключевые слова: температура воздуха, осадки, засуха, стандартизированный индекс осадков и суммарного испарения, региональные климатические модели.

Надійшла до редколегії 30.11.2015

УДК 551.589.1

Нажмудінова О.М.

Одеський державний екологічний університет

ЗМІНИ ПОЛЯ ОПАДІВ НА ОДЕЩИНІ У 2006-2014 РР.

Ключові слова: небезпечні і стихійні опади, циклонічна діяльність, повторюваність, градації

Постановка проблеми. Сучасні зміни атмосферної циркуляції проявляються у зміщенні положення центрів дії атмосфери, переважанні меридіональних процесів, що обумовлює аномалії в полях температури і опадів. В останні десятиріччя на території України виявлена тенденція до збільшення частоти виникнення НЯ (небезпечних явищ) та СГЯ (стихійних гідрометеорологічних

явищ), особливо в південних регіонах країни [1-2]. Загалом просліджується перерозподіл кількості опадів за окремі місяці та сезони, збільшення півдобових сум опадів, коли за окремий строк випадає місячна (і більше) сума опадів на фоні тривалих бездошових періодів. Другою помітною закономірністю є збільшення опадів практично на всій території восени,