

УДК 551.581.1

МАЙБУТНІ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА РЕЖИМ ОПАДІВ ТА ТЕМПЕРАТУРИ В УКРАЇНІ

В.М. Хохлов, професор, д.геогр.н.

Н.С. Єрмоленко, асистент, к.геогр.н.

*Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, yermolenko.natalia@gmail.com*

Досліджуються зміни основних кліматичних характеристик на території України з врахуванням розвитку різних сценаріїв зміни клімату. Визначено, що в Україні очікується поступове збільшення температури повітря. Найвищі температурні показники можливі при розвитку сценарію зміни клімату А1В, при цьому встановлено, що найтепліше двадцятиріччя очікується протягом 2031–2050 рр. Виявлено, що різких змін в розподілі опадів не прогнозується, проте є ймовірність незначного збільшення опадів над північно-західними регіонами країни.

Ключові слова: температура повітря, опади, регіональні кліматичні моделі, лінійний тренд.

1. ВСТУП

Сьогодні факт глобального потепління не викликає сумнівів і вважається експериментально доведеним: збільшення глобальної температури повітря та океанів, зменшення площі морського льоду, підвищення рівня Світового океану підтверджено довготривалими інструментальними спостереженнями. Кліматичні зміни, що відбуваються протягом останніх десятиліть, не перестають хвилювати вчених. У зв'язку з цим, активніше розвиваються різні методи прогнозу глобальних змін клімату та їх можливих наслідків, серед яких на передній план виступають математичні методи моделювання атмосферних процесів.

2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сучасні моделі загальної циркуляції атмосфери і океану дозволяють розглянути не тільки зміни глобального клімату, а й, певною мірою, оцінити його регіональні аспекти. Є дуже ймовірним, що підвищення глобальних середніх температур, яке спостерігається з середини 20 століття, здебільшого викликано підвищенням концентрацій антропогенних парникових газів. Щоб визначити причини змін клімату, а також оцінити майбутні зміни, було реалізовано безпрецедентний за своїми масштабами та кількістю учасників модельний проект – дослідниками з 11 країн було виконано чисельні інтегрування з 23 складними фізико-математичними моделями загальної циркуляції атмосфери і океану. Під час експерименту розраховувався клімат 20 століття при заданих, відповідних до спостережень, концентраціях парникових газів, а також клімат для різних сценаріїв, які наведені у Спеціальній доповіді зі сценаріїв викидів. Все це дозволило просунути в уточненні та підвищенні достовірності оцінок майбутніх змін клімату, а також оцінити ймовірнісні розподіли характеристик клімату

[1]. Повний набір отриманих даних реалізований у європейському проекті ENSEMBLES, що містить результати модельних розрахунків для великої кількості кліматичних змінних [2]. 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 [3, 4] були розроблені чотири основних описових сюжетних лінії для послідовного викладення зв'язків між визначальними факторами викидів та їх розвитком, а також додатковий контекст для кількісного визначення сценарію. Кожна сюжетна лінія зображує різні демографічні, соціальні, економічні, технологічні та екологічні події, які можуть розглядатися як позитивно, так і негативно. Сценарії містять широкий перелік основних демографічних, економічних та технологічних визначальних факторів викидів сірки та парникових газів. Кожний сценарій являє собою конкретне кількісне тлумачення однієї з чотирьох сюжетних ліній [5].

Тому, метою даної роботи є оцінка очікуваного режиму температури повітря та опадів в Україні з врахуванням різних сценаріїв зміни клімату.

3. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При моделюванні майбутніх змін температури та опадів в даній роботі використовувались сценарії зміни клімату А1В та А2. Сюжетна лінія та сценарна родина А1 містить опис майбутнього світу, що характеризується швидким економічним ростом, збільшенням населення, показники якого сягають пікових

значень у середині сторіччя з подальшим зменшенням, а також швидким упровадженням нових та ефективніших технологій. Сценарна родина A1 розбивається на три групи, які надають опис альтернативних варіантів технологічних змін в енергетичній системі, а саме відрізняються своїм центральним технологічним елементом: істотна частина викопних видів палива (A1FI), невикопні види палива (A1T) і рівновага між усіма джерелами (A1B), яка визначається як не дуже велика залежність від одного конкретного джерела енергії. У сюжетній лінії A2 надається опис дуже неоднорідного світу. Спостерігатиметься сталий ріст загальної кількості населення. Економічний розвиток буде мати головним чином регіональну спрямованість, а економічне зростання у розрахунку на душу населення і технологічні зміни будуть більш фрагментарними та повільними у порівнянні з іншими сюжетними лініями.

В якості вхідної інформації застосовувалась глобальна кліматична модель ECHAM5, яка розроблена в Інституті метеорології ім. Макса Планка в Німеччині. ECHAM5 є останньою версією з серії ECHAM і розвивається від спектральної моделі прогнозу погоди Європейського центру середньострокових прогнозів погоди. ECHAM5 має роздільну здатність T63, що відповідає горизонтальному кроку сітки приблизно 140×210 км в середніх широтах. Вихідні дані моделі використовуються для забезпечення початкових та граничних умов для регіональних кліматичних моделей. Збільшення роздільної здатності в регіональних кліматичних моделях дає можливість з більшою точністю прогнозувати місце розташування та інтенсивність екстремальних явищ погоди [6].

Сценарій зміни клімату A2 представлений в регіональній кліматичній моделі RCA3 з кроком сітки 25×25 км. RCA3 є реалізацією регіональної кліматичної моделі центру Россії (Швеція). Модель RCA3 ґрунтується на попередній версії RCA2. Основною перевагою RCA3 в порівнянні з RCA2 є те, що в RCA2 параметризація поверхні землі, в тому числі морського льоду, була досить спрощена, оскільки при моделюванні температури підстильної поверхні, яка використовувалась як одна з компонентів енергетичного балансу, не враховувалися різні типи підстильної поверхні (лід, сніг, відкритий ґрунт, ліс). Поряд зі змінами в схемі прогнозування температури поверхні, з урахуванням властивостей кожного з типу, наприклад, відкритий ґрунт чи вкритий трав'янистою рослинністю, в RCA3 були також виконані певні оновлення в моделюванні фізики атмосфери, пов'язані з випромінюванням, турбулентністю та параметризацією хмарності. Середня помилка при прогнозуванні температури повітря в даній моделі складає $\pm 1^\circ\text{C}$. Хоча в RCA3 у Північній Європі існує певне заниження в максимальних температурах і завищення в

мінімальних. Згідно вказаної регіональної кліматичної моделі режим опадів має задовільні показники моделювання по всій території Європи, за виключенням деяких регіонів на півночі, де кількість опадів в літні сезони дещо перевищена. Високі показники моделі має й по результатам прогнозування розподілу інтенсивності опадів. Тому, саме RCA3 використовувалась в даній роботі, оскільки вона являється однією з найбільш показових регіональних кліматичних моделей в Європейському регіоні [7].

Сценарій зміни клімату A1B в даній роботі реалізований в регіональній кліматичній моделі REMO також з кроком сітки 25×25 км, яка розроблена в Інституті метеорології ім. Макса Планка в Гамбурзі. REMO застосовується для моделювання клімату більш ніж шести експериментів CORDEX – Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (Африка, Європа, Середземномор'я, Північна Америка, Південна Америка та Західна Азія). При цьому особливістю REMO є моделювання не лише річних режимів опадів та температури, але й вивчення між-та внутрішньосезонних характеристик, а також представлення цих змінних на основі функції щільності ймовірності в порівнянні зі спостереженнями. Вказана кліматична модель має досить гарну продуктивність при моделюванні різних типів клімату, що дає можливість більш детального прогнозування метеорологічних процесів в різних кліматичних умовах, що дуже важливо для оцінки майбутніх прогнозів клімату. Найбільш точні результати моделювання REMO показує саме в межах Європи, що робить цю модель найбільш прийнятною до використання саме в цьому регіоні. Хоча за результатами дослідження було виявлено, що в межах Європи спостерігається незначне завищення температури повітря в літні місяці, та протягом року недооцінення умов вологості повітря (до 10 %). Для глобального випромінювання модель переоцінює значення спостережень в основному влітку. А найкращі результати моделювання були виявлені при вивченні режиму опадів, оскільки прогнозовані значення за REMO практично співпадали з даними спостережень. Тому, високий рівень прогностичних можливостей забезпечує використання регіональної моделі REMO в цій роботі [8].

4. ОПИС І АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Для вивчення режиму опадів та температури була підготовлена інформація про гідрометеорологічні величини в 5 пунктах спостереження, що розташовані в різних регіонах України, а саме Тернопіль, Донецьк, Щорс, Миколаїв, Вінниця. При цьому формувались дані для двох сценаріїв зміни клімату – «жорсткого» A2 та «помірного» A1B, та трьох періодів дослідження – 1986–2005 рр., 2011–2030 рр., 2031–2050 рр.

Для оцінки величини майбутніх кліматичних змін побудовані лінійні тренди окремо для кожного зазначеного двадцятирічного періоду, за даними якого розраховані показники зміни температури та опадів (рис. 1).

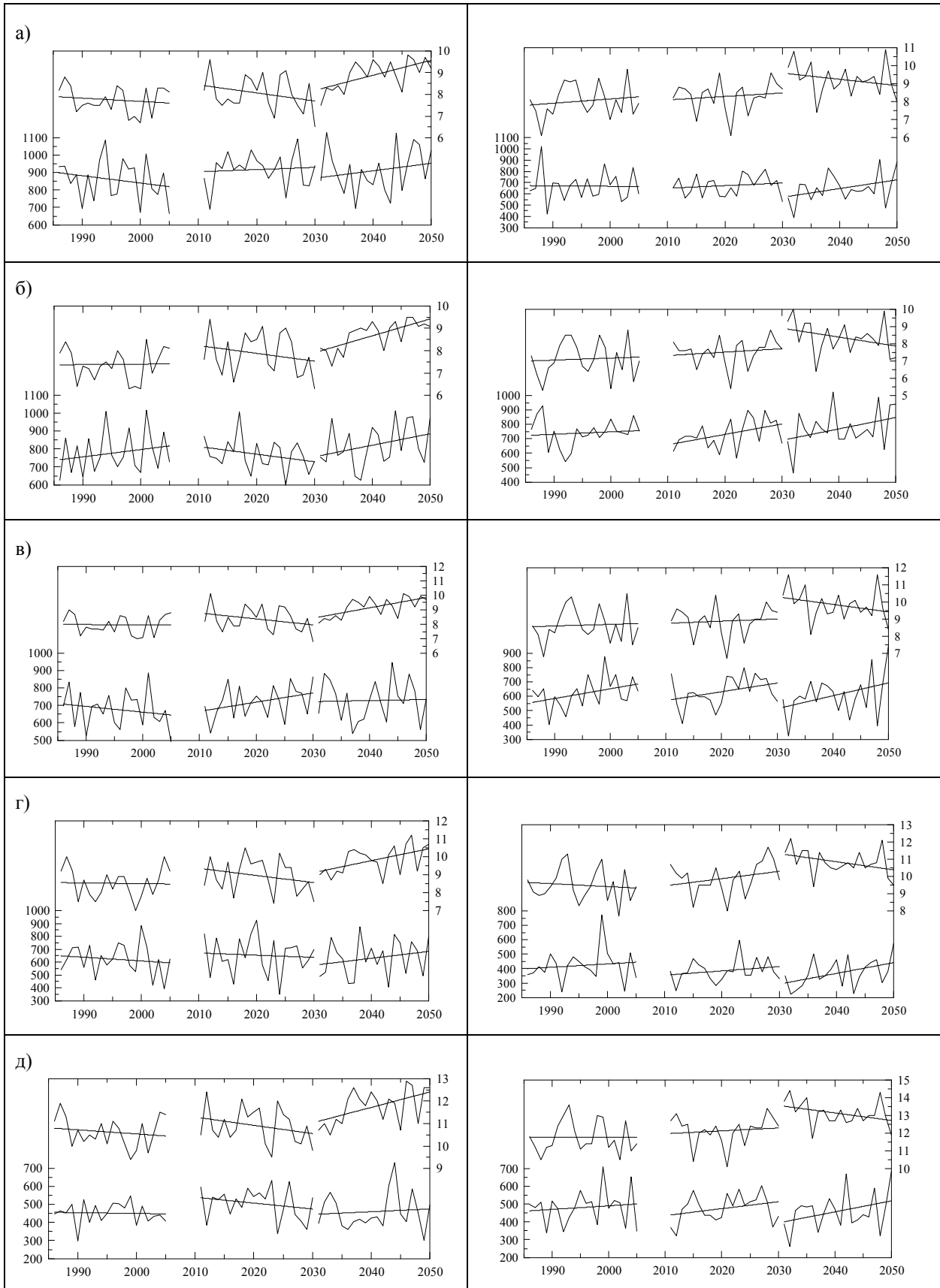


Рис. 1 – Розподіл середньорічної температури повітря (°C) та річної суми опадів (мм) протягом періодів дослідження для сценаріїв зміни клімату А2 (зліва) та А1В (справа) на ст. Тернопіль (а), ст. Щорс (б), ст. Вінниця (в), ст. Донецьк (г), ст. Миколаїв (д).

Таблиця 1 – Середньорічна температура повітря (°C) за періоди дослідження для сценаріїв зміни клімату А2 та А1В

№	Пункт	Сценарій А2			Сценарій А1В		
		1986–2005	2011–2030	2031–2050	1986–2005	2011–2030	2031–2050
1	Тернопіль	7,8	8,1	8,9	8,0	8,3	9,2
2	Донецьк	8,5	8,9	9,8	9,5	9,9	10,8
3	Щорс	7,4	7,9	8,7	7,1	7,5	8,4
4	Миколаїв	10,6	10,9	11,8	11,8	12,1	13,1
5	Вінниця	8,0	8,4	9,2	8,7	8,9	9,8

Аналізуючи температурний режим можна відзначити, що протягом 1986–2005 рр. в західних та північно-західних регіонах України, середньорічні значення температури повітря практично не змінюються за весь період для сценарію А2. Подібна ситуація спостерігається й для А1В, коли протягом проміжку часу 1986–2005 рр. температурний режим не відчуває істотних змін, хоча в порівнянні з даними сценарію А2 зафіксоване незначне зростання температурних показників. Для більш детального дослідження були розраховані середні значення температури за 20 років (табл. 1), які показують, що ці величини протягом всього періоду для вказаних сценаріїв суттєво не відрізняються й знаходяться в межах 7,8–8,0 °C.

Абсолютно інша ситуація спостерігається для зазначених районів, що в даному випадку представлені ст. Тернопіль, протягом 2011–2030 рр., оскільки в цей час для сценарію А2 спостерігається тренд на зменшення температури повітря, а для А1В – на збільшення. Хоча величини середньої температури за 20 років значно вищі протягом вказаного періоду для обох сценаріїв, в порівнянні з 1986–2005 рр. Проте однозначно найвищі температурні показники відзначаються протягом третього періоду дослідження для обох сценаріїв зміни клімату. Однак в межах двадцятиріччя для А2 також спостерігається тренд на збільшення температури до 2050 р., а розподіл температури у вказаний період для сценарію А2, навпаки, демонструє від’ємний тренд. Подібні ж результати отримані для центральних та північних областей. Так, аналізуючи графіки часового ходу середньорічної температури повітря для ст. Щорс та ст. Вінниця протягом періодів дослідження, можна зауважити, що різких змін в розподілі цієї характеристики для вказаних сценаріїв протягом 1986–2005 рр. не виявлено. Дещо вищі температурні показники в цих районах спостерігаються для другого двадцятиріччя. Проте в межах періоду для сценарію А2 відзначається від’ємний тренд. Найвищі значення середньорічної температури на півночі та в центрі України очікується протягом 2031–2050 рр. Значення температури для цього періоду на 1,0–1,3 °C перевищують, отримані для 1986–2005 рр. Проте для останнього двадцятиріччя також виявлено, що при розвитку сценарію А2

очікується тренд на різке збільшення температури, на відміну від результатів для А1В.

Подібний часовий розподіл температури матимуть регіони, що займають територію сходу та півдня України, що в даній роботі представлені ст. Донецьк та ст. Миколаїв. Можна відзначити, що саме в цих районах прогноуються максимальні величини температурних показників.

Абсолютний максимум середньорічної температури повітря на півдні очікується саме в період 2031–2050 рр., коли середньорічне значення за двадцятирічний період прогноуються для сценарію А2 на рівні 11,8 °C, що на 1,2 °C більше ніж в період 1986–2005 рр., та 13,1 °C для сценарію А1В, що на 1,3 °C більше значення першого періоду та на 1,3 °C більше для аналогічного періоду сценарію А2. Хоча також, як в попередніх випадках, за двадцятиріччя за даними А2 відзначається тренд на збільшення, а для А1В – на зменшення температури повітря. Часовий розподіл температурного режиму в межах періодів дослідження для кожної зі станцій істотно не відрізняється від розглянутих раніше.

Тож, можна зауважити, що зміни температурного режиму на території матимуть нерівномірний характер. Максимальне підвищення температурних показників для обох сценаріїв зміни клімату очікується протягом третього періоду дослідження, тобто 2031–2050 рр., при цьому під найбільшим впливом опиняться центральні та південні регіони України.

Достатньо цікаві результати отримані при вивченні майбутніх змін режиму опадів для станцій спостереження, зазначених раніше. Режим опадів, як і розглянутий вище режим температури повітря, має подібний розподіл в західних та північно-західних регіонах України, можна відзначити, що протягом першого періоду дослідження для сценарію А2 на ст. Тернопіль та ст. Вінниця прогноуються тренд на зменшення річної суми опадів до кінця часового періоду, що розглядається. В той час на ст. Щорс очікується збільшення річної суми опадів. Протягом 2011–2030 рр. на вказаних станціях ситуація абсолютно протилежна – в Тернополі та Вінниці очікується збільшення річної кількості опадів, а в Щорсі – зменшення. Проте в 2031–2050 рр. у всіх пунктах спосте-

реження прогнозується тренд на зростання річної суми опадів. Порівняння значень середньорічної суми опадів за двадцятирічні періоди для станцій, розташованих в західних та північно-західних регіонах країни, показало, що слід очікувати поступове збільшення кількості опадів від 1986 р. до 2050 р. Так, наприклад, на ст. Вінниця для першого періоду очікується в середньому 677 мм опадів за рік, тоді як в 2031–2050 рр. ця величина збільшиться на 52 мм, тобто становитиме біля 729 мм. Подібна ситуація можлива й на інших станціях (табл. 2)

Порівнюючи результати отримані для сценарію А2 з даними А1В, можна зауважити наступні суттєві відмінності, які в основному полягають в тому, що для сценарію А1В протягом усіх періодів дослідження очікується тенденція зростання річної суми опадів, на відміну від А2 (рис. 1) Проте абсолютні величини середньорічної кількості в межах кожного двадцятирічного періоду для даної сюжетної лінії значно менші, ніж для сценарію А2, що добре простежується на прикладі ст. Тернопіль (табл. 2). Так, для періоду 1986–2005 рр. різниця між середньорічною сумою опадів для сценаріїв А2 та А1В становить понад 190 мм, для 2011–2030 рр. – 244 мм, для 2031–2050 рр. – 262 мм. При цьому слід зауважити, що серед усіх регіонів саме на заході України очікуються найвищі значення річної суми опадів для сценарію А2 протягом третього періоду дослідження.

Режим опадів, який в майбутньому очікується в східних областях України, також має свої характерні особливості. Зокрема, для першого періоду середня кількість опадів згідно сюжетної лінії А2 становитиме близько 620 мм, що на 150–200 мм менше ніж в північних та західних регіонах. Для другого періоду в цьому районі кількість опадів дещо збільшиться, хоча в межах двадцятиріччя відзначається від'ємний тренд. Незначне зменшення сумарної річної кількості опадів для зазначеного сценарію прогнозується про-

тягом 2031–2050 рр. Що стосується сценарію А1В, то в Донецьку протягом 1986–2005 рр. різких змін в розподілі опадів не прогнозується. Кількість опадів між проміжками часу, що розглядаються, розподіляється практично рівномірно. А при порівнянні даної сюжетної лінії з А2 виявлено, що хоч за даними А2 й для цих регіонів очікується більша кількість опадів, проте різниця між величинами А2 та А1В не така суттєва, як в північно-західних областях, і становить для ст. Донецьк 53 мм – для 1986–2005 рр., 77 мм – для 2011–2030 рр., 59 мм – для 2031–2050 рр. (табл. 2).

Найбільш цікавими виявились результати досліджень, отримані для південних регіонів України. Аналізуючи результати, можна відзначити, що на ст. Миколаїв прогнозується найменша сума річних опадів серед усіх регіонів країни як для сценарію А2, так і для А1В. Абсолютний мінімум зволоження очікується в період 2031–2050 рр., коли середня річна сума опадів для обох сценаріїв зміни клімату не перевищуватиме в середньому 460 мм за рік. Розглядаючи часовий розподіл в межах кожного періоду дослідження, можна зауважити, що для сценарної групи А2 протягом першого та другого періоду очікується тренд на зменшення опадів. Що стосується 2031–2050 рр., то для цього регіону відзначається рівний хід показників опадів. Обчислені за даними лінійного тренду величини зміни часового розподілу опадів для південних регіонів України за даними сценарію зміни клімату А1В показують очікувану тенденцію росту суми опадів в межах кожного двадцятиріччя. Цікавим являється також той факт, що на відміну від усіх розглянутих раніше регіонів, де найбільші значення середньорічної кількості опадів прогнозувались за даними А2, для півдня України максимум зволоження очікуються за прогнозованими значенням сценарію А1В протягом 2011–2030 рр.

Таблиця 2 – Середньорічна кількість опадів (мм) за періоди дослідження для сценаріїв зміни клімату А2 та А1В

№	Пункт	Сценарій А2			Сценарій А1В		
		1986–2005	2011–2030	2031–2050	1986–2005	2011–2030	2031–2050
1	Тернопіль	860	919	913	669	674	651
3	Щорс	779	769	824	741	732	773
5	Вінниця	677	722	729	622	635	609
2	Донецьк	622	653	632	569	576	573
4	Миколаїв	453	507	461	482	477	460

5. ВИСНОВКИ

Таким чином, за даними регіональних кліматичних моделей згідно сценаріїв зміни клімату А2 та А1В встановлено, що для більшості регіонів України очікується поступове збільшення температури повітря. Так, найбільші значення температури повітря фіксуватимуться для південних регіонів України протягом 2031–2050 рр. Проте, хоча за даними лінійного тренду для сценарію А1В очікується тенденція на зменшення показників в межах вказаного двадцятиріччя, однак значення середніх показників температури за даними цього сценарію є значно вищими, ніж А2. Результати дослідження розподілу опадів показали, що режим цієї характеристики в найближчі декілька десятиріч також буде зазнавати певних змін. Як за сюжетною лінією А2, так і А1В, для більшості регіонів України, за виключенням південних, очікується поступове збільшення річної суми опадів до 2050 року. Найбільша кількість опадів очікується в західних областях країни, найменша – в південних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / [Степаненко С.М., Польовий А.М., Школьнік Є.П. та ін.]; за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – О.: Екологія, 2011. – 696 с.
2. ENSEMBLES project [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://ensemblesrt3.dmi.dk>.
3. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 996 p. (Eds: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller).
4. 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 p. (Eds: T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley).
5. Nakićenović N., Swart R. (Eds). 2000: *Special Report on Emission Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 599 p.
6. Roeckner E. (Ed.). *The atmospheric general circulation model ECHAM5. Report No. 349*. Max Plank Institute for Meteorology, 2003. 140 p.
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. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2001, vol. 77, no.1, pp. 61-73.
8. Samuelsson P., Jones C., Willén U. (Eds). The Rossby Centre Regional Climate model RCA3: model description and performance. *Tellus*, 2011, vol.63A, pp. 4-23.

FUTURE CLIMATE CHANGE AND IT'S IMPACT ON PRECIPITATION AND TEMPERATURE IN UKRAINE

V. Khokhlov, prof., Dr Sci.,
N. Yermolenko, assist. lecturer, Cand.Sci.

Odessa State Environmental University, 15,
Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine

Global climate change has provoked an active development in modern methods relating to the prediction of spatiotemporal hydrometeorological fields. Numerical modeling of nearest-future climatic changes allows to generate strategies of development for different areas of economic activity.

The paper aims to assess the expected air temperature and precipitation features in Ukraine considering different scenarios of climatic change. The modeling future changes of air temperature and precipitation were carried out using the A1B and A2 scenarios of climatic change. The outcomes of regional climate model ECHAM5 from ENSEMBLES Project were used as initial data. It was revealed that the air temperature will gradually increase in most of Ukrainian regions. Moreover highest air temperature will be recorded in Southern Ukraine during 2031–2050. The analysis of linear trends for 2031–2050 showed that the air temperature for the scenario A1B will exhibit a tendency to the decrease of temperature. However, the annually mean temperature in 2031–2050 for the ‘moderate’ scenario A1B will be higher than for the ‘hard’, in terms of greenhouse gases concentrations, scenario A2. The annual precipitation in Ukraine, both for the A1B and A2 scenario, will slightly increase toward the 2050 with the exception of Southern Ukraine. Also, the highest annual precipitation will be registered in the western part of Ukraine, and lowest – in the southern one. The paper can be expanded to the analysis of future dangerous weather phenomena depending on the changes of air temperature and precipitation.

Keywords: air temperature, precipitation, regional climate models, linear trend.

БУДУЩИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕЖИМ ОСАДКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ В УКРАИНЕ

В.Н. Хохлов, проф., д.геогр.н.,
Н.С. Ермоленко, ассист., к.геогр.н.

*Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина,*

Исследуются изменения основных климатических характеристик на территории Украины с учетом развития различных сценариев изменения климата. Определено, что в Украине ожидается постепенное повышение температуры воздуха. Наибольшие температурные показатели возможные при развитии сценария изменения климата А1В, при этом установлено, что наиболее теплое двадцатилетие ожидается в течение 2031–2050 гг. Выявлено, что резких изменений в распределении осадков не прогнозируется, однако есть вероятность незначительного увеличения осадков над северо-западными регионами страны.

Ключевые слова: температура воздуха, осадки, региональные климатические модели, линейный тренд.

Дата першого подання: **31.08.2015**

Дата надходження остаточної версії: **07.10.2015**

Дата публікації статті: **26.11.2015**