

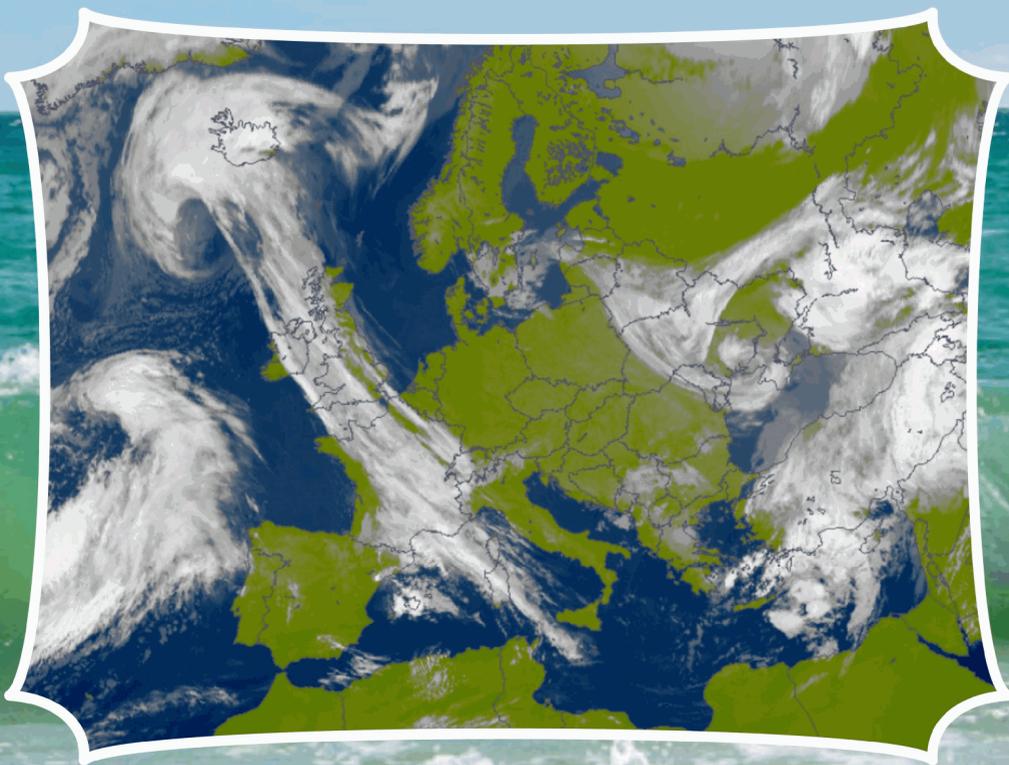


# Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей

Гидрометеорологический центр  
Черного и Азовского морей  
Государственной гидрометеорологической  
службы Украины

2018 г.

№2(22)



65009, г. Одесса, Французский бульвар, 89, тел. 63-64-17, факс 63-16-10  
e-mail: [odessabul@ukr.net](mailto:odessabul@ukr.net)

Государственная гидрометеорологическая служба Украины

Гидрометеорологический центр  
Черного и Азовского морей

# **ВЕСТНИК**

**ГИДРОМЕТЦЕНТРА  
ЧЕРНОГО И АЗОВСКОГО МОРЕЙ**

**№ 2 (22)**

Одесса - 2018

З рис. 1 видно, що найбільші значення цього показнику спостерігаються у Тячівському районі, найменші Воловецькому, а середні значення — у Рахівському. З рис. 2 видно, що найбільші значення цього показнику спостерігаються у Рахівському районі, найменші Тячівському, а середні значення — у Воловецькому. З рис. 3 видно, що найбільші значення цього показника спостерігаються у Рахівському районі, найменші Воловецькому, а середні значення — у Тячівському. З рис. 4 видно, що найбільші значення цього показника спостерігаються у Рахівському районі, а у Тячівському та Воловецькому — найменші. З рис. 5 видно, що найбільші значення цього показника спостерігаються у Тячівському районі, найменші — у Воловецькому, а середні значення — у Рахівському.

**Висновки.** Проаналізував сучасний стан вмісту важких металів у ґрунтах сільськогосподарського призначення Закарпатської області встановлено, що найбільші значення за всіма важкими металами, які розглядалися за досліджуваний період, спостерігалися у Рахівському районі, найменші у Воловецькому. Основним джерелом потрапляння важких металів у ґрунти сільськогосподарського призначення Закарпатської області є сільськогосподарське виробництво, а саме внесення мінеральних добрив, до складу яких входять важкі метали та транспорт.

### *Література*

1. Азманова Н. В., Акімов І. А. та ін. Екологічний атлас. Атлас-монографія. — К.: Варта, 2006. — 220 с.
2. ДСТУ 4362:2004 “Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів”. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 19 с.

УДК 551.58:633.2

*Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А.*

## **ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛУЧНОЇ І СТЕПОВОЇ РОСЛИННОСТІ В ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ**

**Постановка задачі.** Сучасний стан фітоценозів, які репрезентують фіторізноманіття степової та лучної рослинності, свідчить про їх високу здатність до стійкого та довготривалого існування, але під впливом антропогенних факторів різноманітність рослинного світу зменшується. В Україні в результаті інтенсивного сільськогосподарського використання земель степова рослинність

у природному вигляді до цього часу збереглася тільки на схилах балок, масивах зі складним рельєфом, в заповідниках, на території колишніх військових полігонів, а також у передгір'ях Криму, на піщаних косах Азово-Чорноморського узбережжя та островах.

Лучні степи поділяються на рівнинні та гірські (кримські). В їхньому травостої переважають злаки — ковила, типчак, тонконіг вузьколистий; з різнотрав'я — конюшина, гадючник, маренка, шавлія лучна тощо; з ефемерів та ефемероїдів — незабудка, переломник, крупка. Розповсюджена малоросла чагарникова рослинність [1; 2; 3; 4].

Сучасний стан фітоценозів, які репрезентують фіторізноманіття степової та лучної рослинності, свідчить про їх високу здатність до стійкого та довготривалого існування, але під впливом антропогенних факторів різноманітність рослинного світу зменшується. Щоб зберегти це різноманіття необхідне виявлення факторів, які спричиняють зникнення дикорослих фітоценозів, що набуває актуальності як на світовому, так і на регіональному рівнях. Важливим питанням сучасних проблем збереження біорізноманіття, раціонального використання рослинних ресурсів та оптимізації їх стану в умовах глобального потепління є збереження існуючих рослин та збагачення їх асортименту культурами, які були б пристосовані до екстремальних факторів зміни агрокліматичних показників.

Наприкінці минулого і початку поточного століття відзначаються значні зміни кліматичних умов на всій Земній кулі через потепління. Під впливом зміни клімату змінюються агрокліматичні умови росту і формування продуктивності як сільськогосподарських культур, так і дикорослих фітоценозів. Тому для потреб обґрунтування оптимальних схем природокористування для збереження дикорослих фітоценозів степових та лугових територій необхідна оцінка їх продуктивності в умовах змін клімату.

**Стан проблеми.** Біологічна продуктивність лучної рослинності формується під впливом цілої низки факторів, одним із яких є клімат.

Питанням дослідження параметрів запасів фітомаси, яка формується впродовж року, їх кількісної оцінки присвячені роботи [4; 5]. В них узагальнено увесь фактичний матеріал з первинної продуктивності екосистем Північної Євразії в межах території колишнього. Встановлено, що біомаса рослин в степу

становить від 100 до 400 ц/га. Крім того, також встановлено, що для рослинності лісостепової зони співвідношення між живими і відмерлими органами становить біля 63-65 % на чорноземах і темно-каштанових ґрунтах і 35 % на каштанових ґрунтах

Досліджень впливу кліматичних і погодних умов на розвиток степової і лучної рослинності та формування їх продуктивності на жаль обмаль.

**Матеріали і методи досліджень.** Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей. Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. При цьому використовуються кліматичні моделі різних рівнів складності, від простих кліматичних до моделей перехідної складності, повних кліматичних моделей і моделей усієї Земної кліматичної системи. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів [8; 9].

В цьому дослідженні для кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways — *RCP*).

Найбільш дослідженими сценаріями клімату майбутнього вважаються два з них: *RCP4,5* та *RCP8,5*. Найпесимістичнішим є сценарій — *RCP8,5*, який передбачає експоненціальне збільшення кількості вуглецю в атмосфері до кінця XXI ст. приблизно в 2,5 рази відносно сучасного.

Одним із методів відображення можливих змін у кліматичному режимі будь-яких метеорологічних величин є порівняння цих величин із середніми багаторічними даними.

Аналіз впливу змін клімату на режим агрокліматичних показників розвитку і формування продуктивності лучних і степових фітоценозів виконувався шляхом порівняння середніх багаторічних величин (за період 1980-2010 рр.) і величин, розрахованих за кліматичними сценаріями *RCP4,5* та *RCP8,5* по десятиріччях: 2021-2030 рр. (перший період), 2031-2040 рр. (другий період), 2041-2050 рр. (третій період). При цьому використовувались спостереження за ростом і розвитком трав, які розповсюджені в Лісостеповій зоні України: це різнотравні злакові тонконіг лучний (*Poa pratensis L.*), костриця борозниста або типчак і костриця валіська (*F. valesiaca*), кипець гребінчастий

(*Koeleria cristata*), а також житняк гребінчастий (*Agropyron pectinatum*), тонконіг вузьколистий, тимофіївка степова (*Phleum phleoides*) та деякі види родів кострець (*Bromopsis*), пирій (*Elytrigia*), бромус (*Bromus*) і ін. Розглядалися такі величини: тривалість періоду відновлення вегетації — цвітіння трав, середня температура за цей період, сума опадів, сумарне випаровування, випаровуваність, відносна вологозабезпеченість, гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК), сума фотосинтетично активної радіації (ФАР).

Розрахунки продуктивності трав виконувались за моделлю А. М. Польового за трьома видами урожайності: потенційна урожайність (ПУ), яка при оптимальній забезпеченості рослин теплом, вологою та мінеральним живленням визначається надходженням сонячної радіації; метеорологічно можлива врожайність (ММВ) забезпечується температурним режимом та режимом зволоження території; дійсно можлива врожайність (ДМВ) забезпечується природною родючістю ґрунту, природна врожайність (УВ) [7]. Одночасно розраховувався баланс гумусу у ґрунті та співвідношення надземної і підземної частини рослин.

**Основні результати дослідження.** Вегетація трав в середньому багаторічному починається в кінці березня, за сценарними даними її початок очікується в першій декаді квітня (табл. 1).

Таблиця 1.

Агрометеорологічні умови вегетації трав Лісостепу  
в порівнянні з умовами за сценаріями зміни клімату  
(за період відновлення вегетації - цвітіння)

Період, сценарій	Дата початку вегетації	Середня температура повітря, °С	Сума опадів за період, мм	Сумарне випаровування за період (E), мм	Випаровуваність за період, (E <sub>0</sub> ), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E <sub>0</sub> ), відн.од.	Середній за період ГТК, відн.од.	Сума ФАР, кДж/см <sup>2</sup> за період
1980-2010	27.03	12,9	133	134	203	0,66	1,30	61,2
RCP4.5:								
2021-2030	06.04	12,5	140	133	163	0,82	1,48	69,1
2031-2040	08.04	12,3	154	126	146	0,86	1,94	67,6
2041-2050	05.04	11,6	121	121	159	0,76	1,52	72,2
RCP8.5:								
2021-2030	07.04	12,7	126	114	136	0,84	1,57	62,4
2031-2040	09.04	12,8	149	140	165	0,85	1,58	69,0
2041-2050	03.04	11,7	158	123	142	0,86	2,11	69,2

За сценарієм RCP4.5 в період початок вегетації - цвітіння трав очікується збільшення приходу сонячної радіації. Середня багаторічна величина ФАР складає 61,2 кДж/см<sup>2</sup>. Порівняно з нею кількість ФАР буде становити 67,6-72,2 кДж/см<sup>2</sup>), причому вона буде дещо зменшуватись від першого сценарного періоду до другого від 69,1 до 67,6 кДж/см<sup>2</sup>, а потім збільшуватись до 72,2 кДж/см<sup>2</sup>, що становить 110-118 % від середньої величини приходу ФАР в цей період. Відповідно очікується динаміка ПУ за сценарними періодами. В перший період вона очікується на рівні 580, в другий — 562, а в третій — 559 ц/га. Від середнього багаторічного значення (474 ц/га) це буде складати 118-122 % (табл. 1).

Середня за період початок вегетації - цвітіння трав температура повітря, яка при середніх багаторічних умовах становила 12,9 °С, в сценарні періоди очікується дещо нижчою. В два перші періоди вона на 0,4-0,6 °С нижче середньої. В третій період вегетація трав буде проходити на фоні досить пониженої температури, що на 1,3 °С нижче середньої багаторічної.

Сума опадів за період початок вегетації - цвітіння трав у два перші сценарні періоди на 5-16 % вище базової величини. Умови вологозабезпечення рослин покращаться, а дефіцит вологи зменшиться від 69 до 20-30 мм. Підвищиться відносна вологозабезпеченість трав ( $E/E_0$ ) з 0,66 до 0,82-0,86 відн. од. Зросте величина ГТК до 1,48-1,94 відн. од. В третій період кількості опадів буде меншою, ніж в перші два сценарних періоди, вона становитиме 95 % від середнього значення. За рахунок понижених температур повітря дефіцит вологи в цей період буде меншим порівняно з середнім (на 21 мм), а відносна вологозабезпеченість хоча і буде меншою, ніж в перші два сценарних періоди, але на 0,1 відн. од. вище від середньої багаторічної.

Динаміка площі листя в сценарні періоди буде аналогічна динаміці площі листя при середніх багаторічних даних (рис. 1).

Слід зазначити, що в два перші сценарні періоди наростання площі листя за рахунок підвищення вологозабезпеченості буде йти досить інтенсивно, майже також як і при середніх багаторічних умовах, хоча в загалом вона буде в період максимальних значень трохи нижча, чим середні значення. Так, якщо в період цвітіння при середніх багаторічних умовах площа листя становить 2,21 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, то для періоду 2021-2040 рр. вона очікується в межах 3,07-3,20 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. За розрахунковими даними для другого сценарного періоду вона буде вищою. Для третього періоду

формування площі листя йшло менш інтенсивно, в період цвітіння вона становитиме  $2,67 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

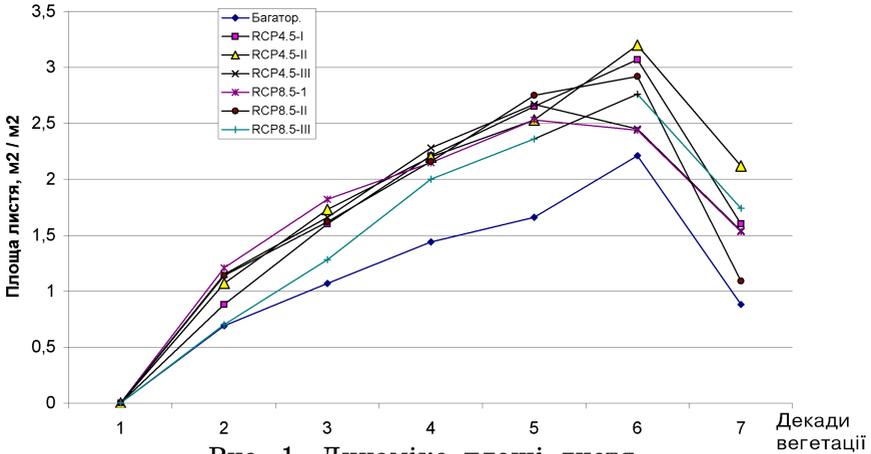


Рис. 1. Динаміка площі листя

в період відновлення вегетації - цвітіння в порівнянні середньої багаторічної та сценарних розрахункових даних

В період інтенсивного наростання листкової поверхні (друга-четверта декада вегетації) інтенсивність фотосинтезу листя трав буде майже на рівні середніх багаторічних значень і складатиме  $5,2-7,3 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год}$  (рис. 2). Інтенсивність фотосинтезу у третій сценарний період буде нижчою, чим в два перших періоди.

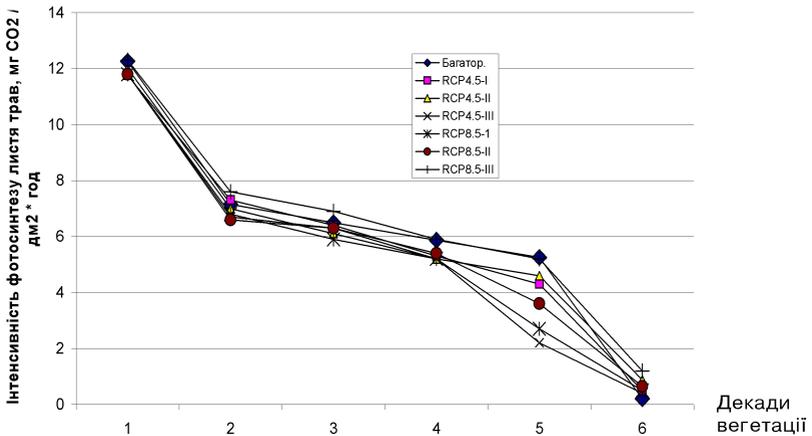


Рис. 2. Динаміка інтенсивності фотосинтезу листя трав в порівнянні середнього багаторічного та сценарних розрахункових даних

При середніх багаторічних умовах значення фотосинтетичного потенціалу трав за період початок вегетації - цвітіння складає 81,8 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Для всіх сценарних періодів сформується досить високий фотосинтетичний потенціал. Для першого сценарного періоду він буде становити 122,8 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Суттєве покращення умов вологозабезпеченості у другий сценарний період призведе до збільшення значення фотосинтетичного потенціалу трав майже на 160 % від рівня середнього багаторічного. У третій період фотосинтетичний потенціал трав збільшиться на 28 % порівняно з середніми багаторічними значеннями (табл. 2).

Таблиця 2.  
Формування урожаю трав Лісостепу при середніх багаторічних умовах та в порівнянні з формуванням урожаю в умовах за сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Вся суха маса, ц/га			Фотосинтетичний потенціал, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> за період	Урожай трав при їх вологості 16 %			Баланс гумусу, т/га
	потенційного урожаю	метеорологічно-можливого урожаю	дійсно можливого урожаю		надземної маси, т/га	підземної маси, т/га	загальної маси, т/га	
1980–2010	474	229	158	81,8	6,6	11,7	18,3	0,380
<i>RCP4.5:</i>								
2021–2030	580	324	224	122,8	9,4	16,5	25,9	0,536
2031–2040	562	343	237	131,1	9,9	17,5	27,5	0,568
2041–2050	559	288	199	104,6	8,4	14,7	23,1	0,478
<i>RCP8.5:</i>								
2021–2030	483	293	202	103,9	8,5	14,9	23,4	0,485
2031–2040	495	313	216	119,5	9,1	16,1	25,2	0,521
2041–2050	539	332	229	121,2	9,6	17,0	26,6	0,550

Більша кількість опадів та покращення вологозабезпеченості трав в два перші сценарні періоди обумовить більш високий рівень ММУ всієї сухої маси трав в порівнянні з третім сценарним періодом *RCP4.5* (324-343 ц/га проти 288 ц/га). Очікується, що рівень ДМУ всієї сухої маси трав складатиме в перші два періоди 142-150 % від середнього багаторічного, а для третього періоду він буде на рівні 126 % в порівнянні з середнім багаторічним.

Урожай надземної маси трав при їх вологості 16 % для першого сценарного періоду буде становити 9,4 т/га (табл. 2), що складає 142 % від середнього. В агрометеорологічних умовах другого періоду він буде вищим (150 % від середнього, а для третього періоду він буде на 27 % вище, ніж середні значення).

Очікується, що співвідношення надземної частини біомаси до підземної буде на рівні 0,56.

За сценарієм *RCP4.5* баланс гумусу на ділянках степової рослинності очікується позитивним. Він буде дещо нижчим в порівнянні з балансом гумусу при середніх агрометеорологічних умовах. Його величина очікується для двох перших сценарних періодів на рівні 0,536-0,568 т/га, а для третього періоду — 0,478 т/га, що відповідно становитиме 141-149 та 126 % від середнього багаторічного значення (табл. 2).

За *кліматичним сценарієм RCP8.5* вегетація трав почнеться на декаду пізніше. В середньому багаторічному вона починається в кінці березня (табл. 1). За період початок вегетації - цвітіння трав буде очікуватись збільшення приходу сонячної радіації. Порівняно з середньою багаторічною величиною (61,2 кДж/см<sup>2</sup>) кількість ФАР буде становити 102-113 % від середньої величини. Нижчою вона буде у перший сценарний період (62,4 кДж/см<sup>2</sup>), вище у другому та третьому періоді (69,0-69,2 кДж/см<sup>2</sup>) (табл. 1).

Динаміка ПУ подібна динаміці ФАР за сценарними періодами. В перший сценарний період вона очікується на рівні 483, в другий — 495, а в третій — 539 ц/га, що буде складати від середнього багаторічного значення (474 ц/га) відповідно 102, 104 та 114 % (табл. 1).

В сценарні періоди середня за період початок вегетації - цвітіння трав температура повітря очікується, особливо в два перші періоди, майже на рівні середньої багаторічної, вона на 0,1-0,2 °С нижче середньої. В третій період вегетація трав буде проходити на фоні досить пониженої температури, що на 1,2 °С нижче середньої багаторічної.

Кількість опадів за період початок вегетації - цвітіння трав у перший сценарний період на 5 % нижче базової величини. У другий і третій періоди сума опадів очікується на рівні 112-119 % від базової. Покращаться умови вологозабезпеченості рослин, при цьому дефіцит вологи ( $E_0 - E$ ) зменшиться від 69 до 19-25 мм. Відносна вологозабезпеченість трав ( $E/E_0$ ) суттєво зросте з 0,66 до 0,84-0,86 відн. од. Величина ГТК буде характеризувати достатні умови зволоження. У дві перші декади вона очікується на рівні 1,57-1,58 відн. од. В третій період, на фоні понижених температур повітря та збільшення кількості опадів, ГТК буде складати 2,11 відн. од. (середня багаторічна величина ГТК знаходиться на рівні 1,3 відн. од. (табл. 1).

Площа листя травостою буде формуватись аналогічно динаміці площі листя при середніх багаторічних агрометеорологічних умовах, але на дещо вищому рівні (рис. 1). В період цвітіння вона буде на 0,3-0,6 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> більшою в порівнянні з середньою багаторічною величиною (2,21 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>). За розрахунками очікується, що найменший рівень відносної площі листя буде у перший сценарний період (2,44 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>). На суттєве покращення умов зволоження у третій сценарний період травостій реагує наростанням площі листя. У третій період вона складатиме 2,76 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

У дві перші декади вегетації інтенсивність фотосинтезу листя трав буде знаходитись на досить високому рівні (рис. 2). В період інтенсивного наростання листкової поверхні (друга-четверта декади вегетації) інтенсивність фотосинтезу листя у двох перших періодах буде досягати 5,4-6,8 мг СО<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>-год, що близько до середніх багаторічних значень. У третій, найбільш сприятливий за температурним режимом та режимом зволоження період, інтенсивність фотосинтезу листя трав буде вищою від інтенсивності фотосинтезу листя при середніх багаторічних агрометеорологічних умовах.

При такій фотосинтетичній діяльності травостою трав сформується досить високий фотосинтетичного потенціалу травостою за період початок вегетації - цвітіння (103,9-121,2 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> за період), значно вищий за значенням порівняно з фотосинтетичним потенціалом, який формується при середніх багаторічних умовах. Для першого сценарного періоду він буде становити 127 % від середнього багаторічного значення. Для другого і третього періоду значення фотосинтетичного потенціалу трав буде складати 146-148 % від середньої багаторічної величини (табл. 2).

При сценарних агрометеорологічних умовах у перший період рівень ММУ буде становити 293 ц/га всієї сухої рослинної маси, що більше, чим рівень ММУ травостою при середніх багаторічних умовах (229 ц/га). Це складатиме 128 % від середнього багаторічного значення (табл. 2). У другий і третій періоди величина ММУ буде ще вищим і складатиме 313-332 ц/га, що становить 137-145 % від середніх значень. Природна родючість ґрунту корегує рівень ММУ трав, вона понизиться до рівня ДМУ травостою, який для першого періоду складатиме 202 ц/га всієї сухої рослинної маси (128 % від середнього значення). У другий і третій сценарний період рівень ДМУ буде складати 216-229 ц/га

всієї сухої рослинної маси, що становитиме відповідно 137 і 145 % від середнього багаторічного значення .

За розрахунками відповідно за сценарієм *RCP8.5* урожай надземної маси трав при їх вологості 16 % для першого сценарного періоду буде становити 8,5 т/га (табл. 2). В агрометеорологічних умовах другого та третього періодів очікується, що він сягатиме 9,1-9,6 т/га, що складатиме 138-145 % від середнього значення.

Слід відзначити, що в порівнянні зі розрахунками за сценарієм *RCP4.5* у перші два періоди за сценарієм *RCP8.5* очікується зменшення урожайності надземної маси трав на 0,8-0,9 т/га, а в третій період урожай буде вище на 1,2 т/га. Співвідношення надземної частини біомаси до підземної очікується на рівні 0,56 (табл. 2).

На ділянках степової рослинності баланс гумусу за сценарієм *RCP8.5* очікується позитивним. але дещо нижчим в порівнянні з балансом гумусу при реалізації сценарію *RCP4.5*. Його величина очікується для першого сценарного періоду на рівні 0,485 т/га (128 % від середнього), а для другого і третього періоду — 0,521-0,550 т/га, що відповідно становитиме 137 та 145 % від середнього багаторічного значення.

**Висновки.** В умовах зміни клімату за реалізації сценаріїв в різні періоди за десятиріччями відбуватимуться неоднозначні зміни умов формування продуктивності лучної та степової рослинності. Зміна волого-температурних умов спричинить незначне збільшення поверхні листя, що в свою чергу сприятиме збільшенню біомаси рослин. Майже в усі три періоди за розрахунками за сценаріями зростуть екологічні категорії врожайності трав. Баланс гумусу теж збільшиться, збільшиться і співвідношення надземної і підземної частини рослин.

### *Література*

1. Шищенко П. Г. Антропогенные преобразования современных ландшафтов // Природная среда и хозяйственная деятельность человека. — К.: Изд-во Киев.ун-та, 1985. — С. 114-131.
2. Шищенко П. Г. Глобалзація і деверсифікація функцій сучасних ландшафтних систем в контексті різноманіття // Проблеми ландшафтного різноманіття України. — К., 2000. — С. 17-20.

3. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии / Н. И. Базилевич. — М.: Наука, 1993. — 293 с.
4. Кормопроизводство / Парахин Н. В., Кобозев И. В., Горбачев И. В. и др. — М.: Колос, 2006. — 432 с.
5. Flora and vegetation of dry grassland of Northeastern Ukraine, and problems of diversity conservation / Vladimir Romkin, Galina Savchenko. — *Насгуетия* 15/2, 2016. — P. 49-62.
6. Проблеми ландшафтного різноманіття України.: Зб. наук. праць. — К.: Карбон. Лтд, 2000. — 325 с.
7. Полевой А. Н. Базовая модель оценки агроклиматических ресурсов формирования продуктивности с.-х. культур // *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. — Одеса: Екологія, 2004. — Вип. 48. — С. 195-205.
8. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / За ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. — Одеса: Екологія, 2011. — 694 с.
9. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / За ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. — Одеса: ТЕС, 2015. — 520 с.

*Тутов С. Г., Данилова Н. В.*

### **ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ РОСТУ ПРОСА ЗА СЦЕНАРІЄМ RCP4.5 В ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ**

*Вступ.* Зміна клімату може впливати на сільське господарство різноманітними шляхами. За межами певного діапазону підвищення температури, як правило, призводить до зниження врожайності, так як розвиток сільськогосподарських культур прискорюється, і в процесі цього скорочується обсяг зерна. Крім того, більш високі температури порушують здатність рослин отримувати та використовувати вологу. Випаровування з ґрунтів прискорюється при підвищенні температури і збільшенні транспірації, тобто виділення вологи листям рослин. Оскільки глобальне потепління, як правило, призводить до збільшення атмосферних опадів, чистий вплив більш високих температур на водозабезпеченість — це результат “змагання” між підвищеним сумарним випаровуванням і великою кількістю опадів. У цьому “змаганні” зазвичай перемагає сумарне випаровування. Але одна з головних причин зміни клімату — викиди вуглецю — може