

УДК 551.58 : 633.2

**А.М. Польовий, д-р геогр. наук, професор
Л.Ю. Божко, канд. геогр. наук, доцент
О.А. Барсукова, канд. геогр. наук, доцент**
Одеський державний екологічний університет
(Одеса, Україна)

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

Досліджено вплив змін клімату на агрокліматичні умови росту, розвитку та формування продуктивності лучної та степової рослинності в лісостеповій зоні України за три періоди: 2021–2030 рр., 2031–2040 рр., 2041–2050 рр. Розрахунки очікуваних умов виконувались за сценаріями змін клімату RCP4.5 та RCP8.5.

У роботі надається оцінка агрокліматичних умов формування продуктивності лучної та степової рослинності в умовах сучасного глобального потепління та подальших змін клімату на період до 2050 року. Оцінка виконана шляхом порівняння середніх багаторічних агрокліматичних показників (1980–2010 рр.) продуктивності дикорослих фітоценозів з такими ж показниками на майбутнє по десятиріччях.

Розрахунки як середньої багаторічної продуктивності трав, так і продуктивності трав в умовах змін клімату виконані за чотирма видами урожайності: потенційна урожайність, яка у разі оптимальної забезпеченості рослин теплом, вологою та мінеральним живленням визначається надходженням сонячної радіації; метеорологічно можлива врожайність, що забезпечується температурним режимом та режимом зволоження території; дійсно можлива врожайність, яка забезпечується природною родючістю ґрунту; фактична урожайність в природних умовах.

Ключові слова: лучна, степова рослинність, продуктивність, баланс гумусу, фотосинтетичний потенціал, агроекологічні категорії врожаїв, зміна клімату.

Постановка проблеми. 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.

У травостой лучних степів 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. Вважається, що в лучних степах спільнота трав є добре підігнаною одна до одної сукупністю різних популяцій, яка охоплює організованість видової структури і її зв'язок із структурою біологічного кругообігу [1–4].

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 лучних територій необхідна оцінка їх продуктивності в умовах змін клімату.

Стан проблеми. Біологічна продуктивність лучної та степової рослинності являє собою здібність живої речовини створювати біомасу і утворювати тим самим біотичний покрив. Вона 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 [1–6]. У них узагальнено увесь фактичний матеріал з первинної продуктивності екосистем Північної Євразії в межах території колишнього СРСР. Установлено, 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 близько 63–65 % на чорноземах і темно-каштанових ґрунтах і 35 % на каштанових ґрунтах.

У роботах Г.І. Білик і В.С. Ткаченко надається характеристика сучасного стану рослин у заповіднику «Михайлівська цілина» і звертається увага, що внаслідок антропогенного впливу перелік трав скорочується, деякі види зникають і основне завдання людства на даному етапі – зберегти степові екосистеми [4, с. 98]. Дослідження В.Г. Танфільєва стосуються довголіття багатьох трав [6, с.100]. Роботи А.А. Тинянова, Н.А. Афанас'єва, Н.Б. Наумова, Л.М. Носова та ін. стосуються досліджень сукцесії та степового кругообігу степових трав [5, с.100]. Особлива увага приділена основам отримання якісного насіння трав. 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. За цими моделями розраховуються майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів.

У 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 раза відносно сучасного [8, с. 338].

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*) та 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 у разі оптимальної 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, с. 210]. Одночасно розраховувався баланс гумусу у ґрунті та співвідношення надземної і підземної частини рослин.

Основні результати дослідження. Вегетація трав у середньому багаторічному починається в кінці березня, за сценарними даними її початок очікується в першій декаді квітня (табл. 1). Розрахунки виконані для періоду відновлення вегетації – цвітіння трав.

За сценарієм RCP4.5 в період початок вегетації – цвітіння трав очікується збільшення надходження сонячної радіації. Середня багаторічна величина ФАР становить 61,2 кДж/см². Порівняно з нею кількість ФАР по десятиріччях буде становити 67,6–72,2 кДж/см², причому вона буде дещо зменшуватись від першого сценарного періоду до другого від 69,1 до 67,6 кДж/см², а потім збільшуватись до 72,2 кДж/см². Відповідно очікується збільшення динаміки ПУ за сценарними періодами. У перший період вона буде очікуватись на рівні 580, в другий – 562, а в третій – 559 ц/га. Від середнього багаторічного значення (474 ц/га) це буде становити 118 – 122 % (табл. 1).

За кліматичним сценарієм RCP8.5 вегетація трав почнеться на декаду пізніше. У середньому багаторічному вона починається в кінці березня (табл. 1). За період "початок вегетації – цвітіння" трав буде очікуватись збільшення сонячної радіації, як і за попереднім сценарієм. Порівняно з середньою багаторічною величиною (61,2 кДж/см²) кількість ФАР буде становити 102–113 % від середньої величини (див. табл. 1).

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 ₀), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E ₀), відн.од.	Середній за період ГТК, відн. од.	Сума ФАР, кДж/см ² за період
1980–2010	27.03	12,9	133	134	203	0,66	1,30	61,2
RCP4.5:								
2021–2030	6.04	12,5	140	133	163	0,82	1,48	69,1
2031–2040	8.04	12,3	154	126	146	0,86	1,94	67,6
2041–2050	5.04	11,6	121	121	159	0,76	1,52	72,2
RCP8.5:								
2021–2030	7.04	12,7	126	114	136	0,84	1,57	62,4
2031–2040	9.04	12,8	149	140	165	0,85	1,58	69,0
2041–2050	3.04	11,7	158	123	142	0,86	2,11	69,2

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

Середня за період "початок вегетації – цвітіння трав" температура повітря, за сценарієм RCP4.5 в усі періоди очікується дещо нижчою. У два перші періоди вона на 0,4–0,6°C нижче середньої (12,9°C). У третій період вегетація трав буде проходити на фоні температурного режиму нижче середнього багаторічного 1,3°C.

За сценарієм RCP8.5 цвітіння трав динаміка температури повітря очікується близькою до динаміки за сценарієм RCP4.5.

Сума опадів за сценарієм RCP4.5 за період початок вегетації – цвітіння трав у два перші розрахункові 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. У третій період кількості опадів буде меншою, ніж у 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 у перші два сценарних періоди, але на 0,1 відн. од. вище від середньої багаторічної.

Кількість опадів за сценарієм RCP 8.5 у перший розрахунковий період буде на 5 % нижче базової величини. У другий і третій періоди сума опадів очікується на рівні 112–119 % від базової. 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. У третій період, на фоні знижених температур повітря та збільшення кількості опадів, ГТК буде становити 2,11 відн. од. (середня багаторічна величина ГТК знаходиться на рівні 1,3 відн. од. (див. табл.1).

За сценарієм RCP4.5 в розрахункові періоди 2021–2030, 2031–2040 та 2041–2050 рр. динаміка площі листя буде аналогічна динаміці площі листя, яка утворюється у разі середніх багаторічних умов (рис. 1). Слід зазначити, що в два перші сценарні періоди наростання площі листя за рахунок підвищення вологозабезпеченості відбуватиметься досить інтенсивно, хоча загалом вона буде трохи нижча, ніж середні значення.

Динаміка площі листя за сценарієм RCP8,5 площа листя травостою буде формуватись аналогічно динаміці площі листя при

середніх багаторічних агрометеорологічних умовах, але на дещо вищому рівні (див. рис. 1). У період цвітіння вона буде на 0,3–0,6 м²/м² більшою порівняно з середньою багаторічною величиною. За розрахунками очікується, що найменший рівень відносної площі листя буде у перший сценарний період (2,44 м²/м²).

У період інтенсивного наростання листової поверхні (друга – четверта декади вегетації) інтенсивність фотосинтезу листя трав за сценарієм RCP4.5 буде майже на рівні середніх багаторічних значень і становитиме 5,2–7,3 мг СО₂/дм²·год (рис. 2). Інтенсивність фотосинтезу у третій сценарний період буде нижчою, ніж у перших двох періодах.

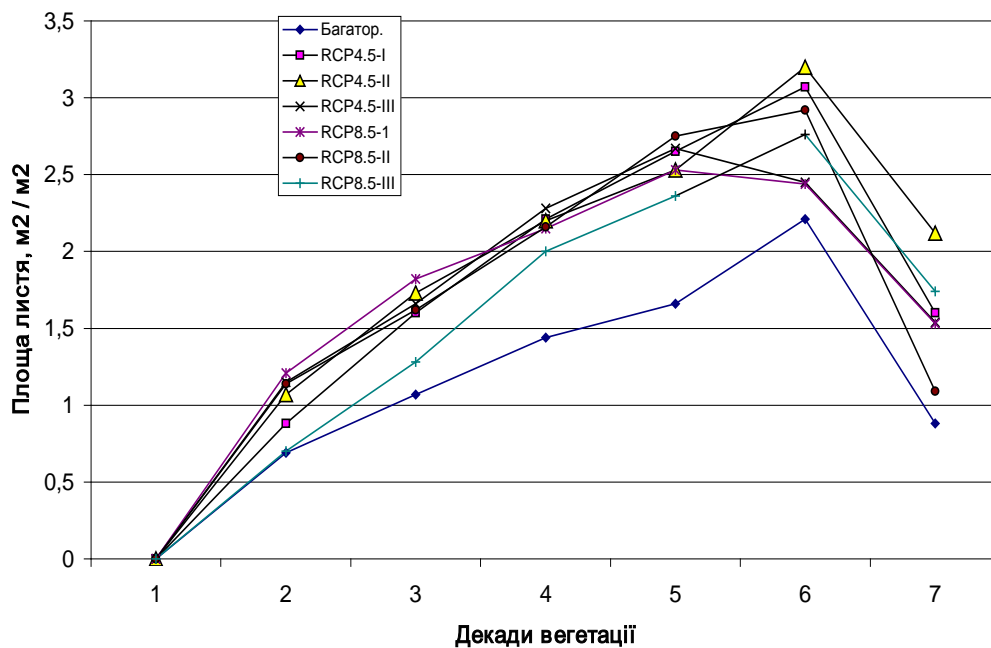


Рис. 1. Динаміка площі листя в період відновлення вегетації – цвітіння порівняно з середньою багаторічною та сценарних розрахункових даних

За сценарієм RCP8.5 у дві перші декади вегетації інтенсивність фотосинтезу листя трав очікуватиметься на досить високому рівні (рис. 2) і досягне 5,4–6,8 мг СО₂/дм²·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 у разі середніх багаторічних агрометеорологічних умов.

У разі середніх багаторічних умов значення фотосинтетичного потенціалу трав становить 81,8 м²/м². За розрахунками за сценарієм RCP4.5 в усі три розрахункові періоди сформується досить високий

фотосинтетичний потенціал. Він становитиме на 40–60 % вище від середнього в перші два розрахункові періоди. У третій період фотосинтетичний потенціал трав збільшиться на 28 % порівняно з середніми багаторічними значеннями (табл. 2).

За розрахунками за сценарієм RCP 8.5 фотосинтетичний потенціал сформується значно вищий за значеннями порівняно з фотосинтетичним потенціалом, який формується у разі середніх багаторічних умов. Для першого розрахункового періоду він буде становити 127 % від середнього багаторічного значення. Для другого і третього періоду – 146–148 % від середньої багаторічної величини (див. табл. 2).

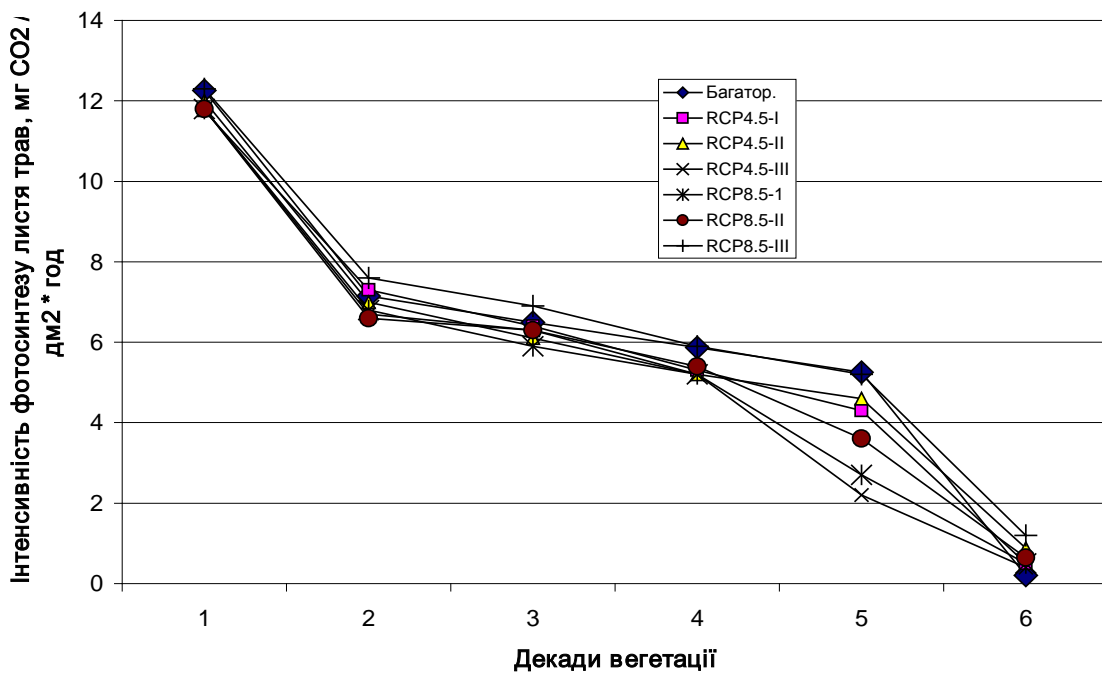


Рис. 2. Динаміка інтенсивності фотосинтезу листя трав порівняно з середнім багаторічним та сценарних розрахункових даних

За розрахунками за сценарієм RCP4.5 більша кількість опадів та покращання вологозабезпеченості трав в два перші розрахункові періоди обумовить більш високий рівень метеорологічної можливої урожайності (ММУ) всієї сухої маси трав порівняно з третім розрахунковим періодом (324–343 ц/га проти 288 ц/га).

У разі агрометеорологічних умов за сценарієм RCP 8.5 рівень ММУ буде зростати від періоду до періоду і становитиме відповідно 293, 313 та 332 ц/га всієї сухої рослинної маси, що більше, ніж рівень ММУ травостою у разі середніх багаторічних умов (229 ц/га).

Очікується за сценарієм RCP4.5, що рівень ДМУ всієї сухої маси трав становитиме в перші два періоди 142–150 % від середнього багаторічного, а для третього періоду він буде на рівні 126 %. За сценарієм RCP8.5 ДМУ трав становитиме відповідно 202, 216 та 229 ц/га всієї сухої рослинної маси.

Розрахунки за сценарієм RCP4.5 показали, що урожай надземної маси трав у разі їх вологості 16 % для першого розрахункового періоду буде становити 9,4 т/га (див. табл. 2.), що становитиме 142 % від середнього. В агрометеорологічних умовах другого періоду він буде вищим (150 % від середнього, а для третього періоду він буде на 27 % вище). Очікується, що співвідношення надземної частини біомаси до підземної буде на рівні 0,56.

2. Формування урожаю трав Лісостепу у разі середніх багаторічних умов порівняно з формуванням урожаю в умовах за сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Вся суха маса, ц/га			Фотосинтетичний потенціал, м ² /м ² за період	Урожай трав у разі 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

За розрахунками за сценарієм RCP8.5 урожай надземної маси трав у разі їх вологості 16 % для першого розрахункового періоду буде становити 8,5 т/га (див. табл. 2). В агрометеорологічних умовах другого і третього періодів очікується, що він сягатиме 9,1–9,6 т/га, що становитиме 138–145 % від середнього значення. У порівнянні з розрахунками за сценарієм RCP 4.5 у перші два періоди за сценарієм RCP 8.5 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 (див. табл. 2).

За сценарієм *RCP4.5* баланс гумусу на ділянках степової рослинності очікується позитивним. Він буде дещо нижчим у 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 (див. табл. 2).

Баланс гумусу за сценарієм *RCP8.5* очікується позитивним, але дещо нижчим у порівнянні з балансом гумусу у разі реалізації сценарію *RCP 4.5*. Його величина очікується для першого розрахункового 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 *RCP 4.5* та *RCP 8.5* 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 у свою чергу сприятиме збільшенню біомаси рослин. Майже в усі три періоди за розрахунками за сценаріями зростуть екологічні категорії врожайності трав. Вони коливатимуться по десятиріччях, але будуть вищими ніж середні багаторічні величини. Очікуватиметься майже однакове за обома сценаріями збільшення балансу гумусу і співвідношення надземної і підземної частин рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шищенко П.Г. Антропогенные преобразования современных ландшафтов // Природная среда и хозяйственная деятельность человека. Киев: Изд-во Киев.ун-та, 1985. С.114–131.
2. Шищенко П.Г. Глобалізація і деверсифікація функцій сучасних ландшафтних систем в контексті різноманіття // Проблеми ландшафтного різноманіття України. Київ, 2000. С.17–20.
3. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. Москва: Наука, 1993. 293 с.
4. Білик Г.І., Ткаченко В.С. Сучасний стан рослинного покриву заповідника «Михайлівська цілина» на Сумщині // Укр. бот. журн., 1972. № 6.С. 696–702.
5. Романова Э.П. Современные ландшафты Европы. Москва: Изд-во Моск. гос. у-та, 1997. 302 с.
6. Танфильев В.Г. О долголетию злаковых, бобовых и некоторых других трав // Тр. Ставропольского НИИСХ. 1975. Вып.17. С. 99–105.

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. Степаненка С.М., Польового А.М. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України /за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Екологія, 2011. 694 с.

Стаття надійшла до редакції 21.01.19 р.

А.М. Полевой, д-р геогр. наук, профессор
Л.Ю. Божко, канд. геогр. наук, доцент
Е.А. Барсукова, канд. геогр. наук, доцент
Одесский государственный экологический университет
Одесса, Украина

Влияние изменений климата на продуктивность луговой и степной растительности в лесостепной зоне Украины

Исследовано влияние изменений климата на агроклиматические условия роста, развития и формирования продуктивности луговой и степной растительности в лесостепной зоне Украины за три периода: 2021–2030 гг., 2031–2040 гг., 2041–2050 гг. Расчеты ожидаемых условий выполнялись по сценариям изменения климата RCP4.5 и RCP8.5.

В работе дается оценка агроклиматических условий формирования продуктивности луговой и степной растительности в условиях современного глобального потепления и дальнейших изменений климата на период до 2050 г. Оценка выполнена путем сравнения средних многолетних агроклиматических показателей (1980–2010 гг.) Производительности дикорастущих фитоценозов с такими же показателями на будущее по десятилетиях.

Расчеты как средней многолетней производительности трав, так и производительности трав в условиях изменений климата выполнены по четырем видам урожайности: потенциальная урожайность, которая при оптимальной обеспеченности растений теплом, влагой и минеральным питанием определяется поступлением солнечной радиации; метеорологических возможна урожайность, что обеспечивается температурным режимом и режимом увлажнения территории; действительно возможна урожайность, которая обеспечивается естественным плодородием почвы; фактическая урожайность в естественных условиях.

Ключевые слова: луговая и степная растительность, продуктивность, фотосинтетический потенциал, агроэкологические категории урожая баланс гумуса, изменение климата.

A. M. Polevoy, doctor geogr. sciences, professor,
L. E. Bozhko, candidate geogr. sciences, associate professor,
E. A. Barsukova candidate geogr. sciences, associate professor
Odessa State Environmental University
Odessa, Ukraine

Influence of changes of climate on the productivity of pratal and steppe vegetation in the Forest-steppe area of Ukraine

This paper studies the influence of climate change on agroclimatic conditions of growth, development and formation of productivity of rayon and steppe vegetation in the forest-steppe zone of Ukraine in three periods: 2021–2030, 2031–2040, 2041–2050. The calculations of the expected conditions were carried out based on scenarios of climate change RCP4.5 and RCP8.5.

Paper provides an estimation of agroclimatic conditions for the formation of productivity of rayon and steppe vegetation in conditions of modern global warming and further climate change for the period up to 2050. The estimation is made by comparing the average long-term agro-climatic indicators (1980–2010) of the productivity of wild phytocoenoses with the same indicators for the future by decades.

Calculations of both the average perennial grass productivity and herb productivity under climate change conditions were performed for four types of yield: potential yield, which is determined by solar radiation provided optimum supply of plants by heat, moisture and mineral nutrition; meteorologically possible yield, provided by the temperature regime and humidity regime of the territory; actual possible yield, which is determined by natural soil fertility; actual yield in natural conditions.

According to calculations based on scenarios, solar radiation income will increase in all periods in question, especially in the first period under the scenario RCP4.5. According to the RCP8.5 scenario, solar radiation will be higher than the average long-term value, but lower than the RCP4.5 scenario. This will increase the potential yield of all meadow and steppe grasses in the forest-steppe zone of Ukraine. The growth will be 148, 133 and 128% respectively of the average long-term value.

Average air temperature for the period from the beginning of the vegetation till the flowering of herbs according to the scenario RCP4.5 during all periods is expected to be slightly lower. In the first two periods it is expected to be 0.4–0.6 °C below average (12.9 °C). In the third period the vegetation will pass on the background of the temperature regime below the average perennial by 1.3 °C.

According to the scenario RCP8.5 during the period from the restoration of vegetation restoration till the flowering of herbs, air temperature dynamics is expected to be close to the dynamics according to the scenario RCP4.5.

The amount of precipitation in the scenario RCP4.5 for the period from the beginning of the vegetation till the flowering of herbs in the first two periods is above the base value by 5–16 %. The conditions of moisture provision of plants will improve, and the deficit of moisture will decrease from 69 to 20–30 mm. The relative moisture content of herbs (E/E_0) will increase from 0.66 to 0.82–0.86 rel. units. The value of the GTK will increase to 1.48–1.94 rel. units. In the third period precipitation will be less than in the first two scenario periods, it will be 95% of the average. Due to lower air temperatures, the moisture deficit during this period will be smaller than the average (by 21 mm), and relative humidity will be smaller, however, than in the first two scenario periods, but by 0.1 times. unit higher than the average perennial.

The amount of precipitation in the scenario RCP8.5 in the first period will be 5% below the base value. In the second and third periods rainfall is expected at the level of

112–119 % of the base. The relative moisture content of herbs (E/E_0) will increase significantly from 0.66 to 0.84–0.86 rel. unit. The value of the GTK will characterize sufficient conditions of moisture. In the first two decades, it is expected at the level of 1.57–1.58 rel. units. In the third period, on the background of lowered air temperatures and an increase in rainfall, the GTK will be 2.11 rel. units (the average multi-year value of the GTK is at the level of 1.3 rel. units).

Such indicators of the wet-temperature regime will increase the magnitude of other ecological categories of the yield of MMY, DMY and YV. But this increase will be significantly lower compared to potential yields due to the influence of other environmental factors.

In conditions of climate change in case of implementation of scenarios RCP4.4 and RCP8.5 in different periods of decades, there will be ambiguous changes in the conditions for the formation of productivity of rayon and steppe vegetation. Changes in moisture-temperature conditions will cause a slight increase in the leaf surface, which in turn will contribute to an increase in plant biomass. Almost all three periods, according to scenario calculations, will increase the ecological categories of herb yields. They will fluctuate in decades, but will be higher than average long-term values. Expecting almost the same in both scenarios will increase the balance of humus and the ratio of ground and underground parts of plants.

Keywords: grassland and steppe vegetation, productivity, photosynthetic potential, agro ecological categories of yield, humus balance, climate change.