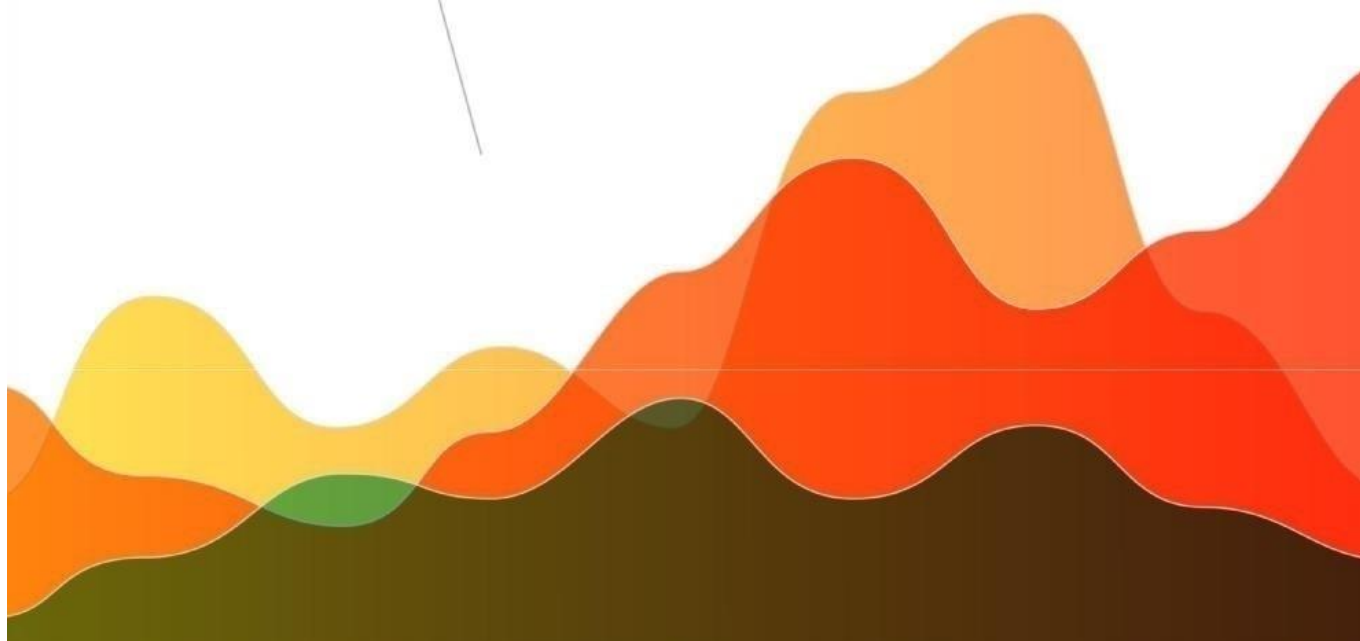


ADVANCES OF SCIENCE

**Proceedings of articles the international
scientific conference
Czech Republic, Karlovy Vary -
Ukraine, Kyiv, 5 April 2019**



АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ РОСТУ ЛУЧНОЇ ТА СТЕПОВОЇ РОСЛИННОСТІ В ПОЛІССІ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

ПОЛЬОВИЙ А.М.

*доктор географічних наук, професор кафедри
агриметеорології та агроекології*

БОЖКО Л.Ю.

*кандидат географічних наук, доцент кафедри
агриметеорології та агроекології*

БАРСУКОВА О.А.

*кандидат географічних наук, доцент кафедри
агриметеорології та агроекології*

Одеський державний екологічний університет

М. Одеса, Україна

В Україні степова рослинність в природному вигляді до цього часу збереглася тільки на схилах балок, масивах зі складним рельєфом, в заповідниках, на території бувших військових полігонів, а також у передгір'ях Криму, на піщаних косах Азово-Чорноморського узбережжя, островах. Ділянки цілинних степів охороняються в заповідниках. У поширенні степової рослинності простежується певна закономірність: в лісостеповій зоні на безлісих територіях у минулому розвивались лучні степи на глибоких чорноземах. У типовій степовій зоні на півночі була поширена різнотравно-типчакково-ковилова рослинність на звичайних чорноземах, на півдні - типчакково-ковилова на чорноземах південних і темно-каштанових ґрунтах, вздовж Азово-Чорноморського узбережжя – полиново-злакова рослинність на каштанових солонцюватих ґрунтах [1].

Лучні степи поділяються на рівнинні та гірські (кримські). В їх травостої переважають злаки – ковила, типчак, тонконіг вузьколистий; з різнотрав'я — конюшина, гадючник, маренка, шавлія лучна тощо; з ефемерів та ефемероїдів - незабудка, переломник, крупка. Різнотравно-типчаково-ковилі степи мають густий трав'яний покрив, що складається з ковили, тонконога, стоколосу, вики конюшної, горицвіту весняного, молочаю степового, шавлії, астрагалу, в минулому займали простори Причорноморської низовини [2, 3]. У трав'яному покриві типчаково-ковилі степів переважають посухостійкі злаки; типчак, ковила українська, келерія, з різнотрав'я - кахрис, ферула, будяк, пижмо тощо. У травостоях полиново-злакових степів переважають посухостійкі (ксерофітні) дернинці злаки (типчак, ковила, житняк), полини, кермек та ін. На Донецькому кряжі і сході України у минулому були поширені чагарникові степи. В них представлені зарості карагани - кам'янисто-степового чагарника. Невеликими ділянками в Кримських горах трапляються напівсаванні степи. В цих степах до злаків домішуються субтропічні види, поширені також люцерна, пирій повзучий, горошок та ін. [4, 5].

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, 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, як були б пристосовані до екстремальних факторів зміни агрокліматичних показників [6].

Під впливом зміни клімату, які на сьогодні є незаперечним фактом, 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.

Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей. При цьому використовуються кліматичні моделі різних рівнів складності, від простих кліматичних до моделей перехідної складності, повних кліматичних моделей і моделей усєї Земної кліматичної системи. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів[7].

В запропонованому дослідженні для кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP), що уявляють собою чотири сценарії. 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 [7].

Аналіз впливу змін клімату на режим агрокліматичних показників розвитку і формування продуктивності лучних і степових фітоценозів в Поліссі 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).

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.

Сезонний розвиток трав у Поліссі починається за середніми багаторічними даними в кінці березня, за всіма сценаріями зміни клімату (табл.1) він буде починатись дещо пізніше (на 6-10 днів).

Таблиця 1 – Агрометеорологічні умови вегетації трав Полісся в порівнянні з умовами за сценаріями зміни клімату (за період відновлення вегетації – цвітіння)

Період, сценарій	Дата початку вегетації	Середня температура повітря за період, °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	29.03	12,4	126	127	188	0,67	1,27	62,1
RCP4.5:								
2021–2030	8.04	12,3	147	131	155	0,85	1,47	46,1
2031–2040	10.04	12,2	148	122	148	0,83	1,94	45,2
2041–2050	4.04	12,6	104	107	148	0,73	1,31	39,0
RCP8.5:								
2021–2030	7.04	12,6	120	110	138	0,79	1,54	38,4
2031–2040	9.04	12,4	132	132	174	0,76	1,35	39,9
2041–2050	6.04	11,6	148	116	142	0,82	2,05	41,3

Надходження фотосинтетично активної радіації (ФАР) за період початок вегетації – цвітіння трав за середніми багаторічними даними складає 62,1 кДж/см². За сценарієм RCP4.5 очікується зменшення надходження ФАР у

два перші сценарні періоди 2021–2030 та 2031–2040 рр. (до 73–4% від середньої багаторічної величини). В третій період (2041–2050 рр.) травостій буде отримувати ще меншу кількість ФАР (до 63% від середньої багаторічної). Це обумовить різницю в формуванні потенційної урожайності всієї сухої маси трав (ПУ). При середніх багаторічних умовах вона складає 494 ц/га, в той час як протягом двох перших сценарних періодів вона буде становити 73–74% від середньої багаторічної. Для третього періоду вона зменшиться майже на третину.

Середня за період температура повітря, яка за середніми багаторічними даними становить $12,4^{\circ}\text{C}$, в сценарні періоди очікується близькою до середньої багаторічної ($12,2$ – $12,6^{\circ}\text{C}$).

За кліматичним сценарієм RCP4.5 очікується зростання суми опадів за період початок вегетації – цвітіння трав у два перші сценарні періоди на 17–18%. Це покращить умови вологозабезпечення рослин, знизить дефіцит вологи до 24–26 мм, а також підвищить відносну вологозабезпеченість трав (E/E_0) з 0,67 до 0,83–0,85 відн. од. Зросте величина гідротермічного коефіцієнту (ГТК) до 1,47–1,94 відн. од. В той же час в третьому періоді очікується зменшення кількості опадів майже на 20%, дефіцит вологи трохи зменшиться і відносна вологозабезпеченість буде меншою, ніж в перші два сценарних періоди.

Підвищення вологозабезпеченості в два перші сценарні періоди призведе до більшого наростання площі листя (рис.1). Її динаміка буде аналогічна динаміці площі листя середніх багаторічних даних, але рівень буде дещо нижчим.

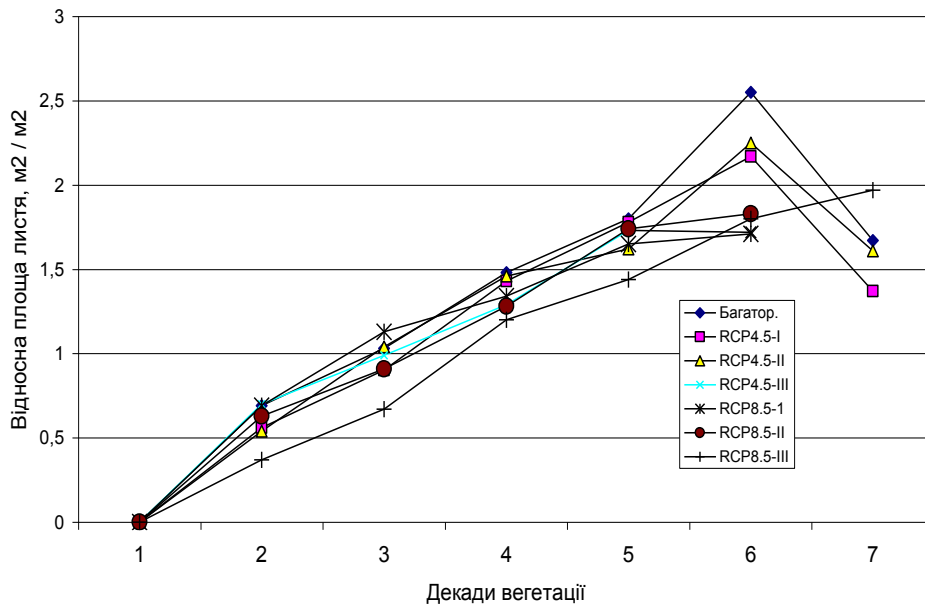


Рис. 1 – Динаміка площі листя трав в період початок вегетації – цвітіння в порівнянні середніх багаторічних та сценарних розрахунків. Полісся.

Якщо в період цвітіння при середніх багаторічних умовах площа листя становить $2,55 \text{ м}^2/\text{м}^2$, то для періоду 2021–2040 рр. вона очікується в межах $2,17\text{-}2,26 \text{ м}^2/\text{м}^2$, для другого сценарного періоду вона буде вищою. В третій період сформується трохи нижчий рівень площі листя, вона становитиме $1,72 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Підвищення вологозабезпеченості позначиться і на роботі фотосинтетичного апарату (рис. 2). Інтенсивність фотосинтезу листя трав в період інтенсивного наростання листкової поверхні (друга – четверта декади вегетації) буде на $0,2\text{-}0,5 \text{ мг CO}_2 / \text{дм}^2 * \text{год.}$ нижчою від середніх багаторічних значень. Відповідно буде нижчою і інтенсивність фотосинтезу в третій сценарний період.

Значення фотосинтетичного потенціалу трав за середніми багаторічними умовами складає $94,7 \text{ м}^2 / \text{м}^2$. Для перших двох сценарних періодів він буде становити 89-92 % від середнього багаторічного значення. У третій менш сприятливий за вологозабезпеченістю сценарний період фотосинтетичний потенціал сформується майже на третину менший порівняно із середнім багаторічним значенням.

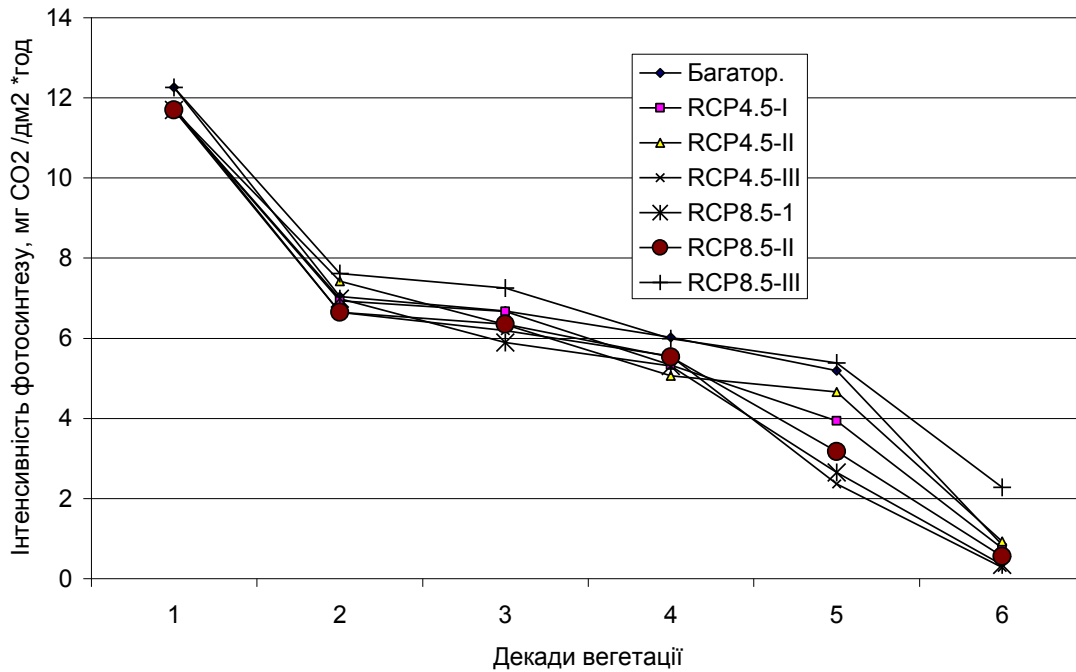


Рис. 2 – Динаміка інтенсивності фотосинтезу листя трав в порівнянні середніх багаторічних значень та сценарних розрахунків. Полісся.

Покращення вологозабезпечення травостою в 2021–2040 рр. обумовить більш високий рівень метеорологічно можливої урожайності всієї сухої маси трав (ММУ) в порівнянні з третім сценарним періодом RCP4.5 (210–220 ц/га проти 179 ц/га). З урахуванням природної родючості ґрунту рівень дійсно можливого урожаю всієї сухої маси трав (ДМУ) складатиме в перші два сценарні періоди 84–86% від середнього багаторічного. Для періоду 2041–2050 рр. він очікується на рівні 72 % в порівнянні з середнім багаторічним.

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

Період, сценарій	Вся суха маса, ц/га			Фотосин - тетичний потенціал, м ² /м ² за період	Урожай трав при їх вологості 16 %			Баланс гумусу, т/га
	потенційного урожаю	метеорологічно можливо урожаю	дійсно можливого урожаю		надземної маси, т/га	підземної маси, т/га	сумарної маси, т/га	
1980-2010	494	250	172	94,7	8,0	12,0	20,0	0,413
RCP4.5:								
2021–2030	366	210	145	84,0	6,7	10,1	16,8	0,348
2031–2040	360	220	152	86,8	7,0	10,6	17,6	0,364
2041–2050	310	179	123	66,0	5,7	8,6	14,3	0,296
RCP8.5:								
2021–2030	306	185	128	66,9	5,9	8,9	14,8	0,306
2031–2040	317	184	127	65,5	5,9	8,0	14,7	0,305
2041–2050	329	206	142	76,4	6,6	9,9	16,5	0,341

Урожай надземної маси трав при їх вологості 16 % становить при середніх багаторічних умовах 8,0 т/га (табл.2). В агрометеорологічних умовах двох перших сценарних періодів він буде становити 84–88% від середнього багаторічного і очікуватиметься значно нижчим (до 74%) у третьому періоді. Співвідношення надземної частини біомаси до підземної становить близько 0,66.

При реалізації сценарію RCP4.5 баланс гумусу на ділянках степової рослинності очікується позитивним і складатиме для двох перших сценарних періодів 0,348–0,364 т/га, а для третього періоду – 0,296 т/га, що відповідно становитиме 84–88 та 72% від середнього багаторічного значення.

За кліматичним сценарієм RCP8.5 буде очікуватись зменшення надходження сонячної радіації. У 2021–2040 рр. кількість ФАР буде значно меншою для цього періоду вегетації в порівнянні не тільки з середнім багаторічним значенням, але і по відношенню до кількості ФАР за сценарієм RCP4.5. Вона становитиме 62-64% від середньої багаторічної величини і на 5,3–

7,7 кДж/см² буде нижчою в порівнянні зі сценарними даними RCP4.5 за такий же період. Разом з тим, слід відзначити, що від першого сценарного періоду до другого і далі до третього кількість ФАР зростає від 38,4 до 39,9 та до 41,3 кДж/см². Таким чином, в третій період (2041–2050 рр.) травостій буде отримувати більшу кількість ФАР (до 66% від середньої багаторічної) порівняно з першими двома сценарними періодами. Надходження ФАР зумовлює рівень ПУ травостою, тому буде спостерігатись різниця в формуванні ПУ всієї сухої маси трав в залежності від кількості ФАР. В перший сценарний період ПУ становитиме 306, в другий 317 і в третій – 329 ц/га, що відповідно складає 62, 64 і 67% від середньої багаторічної величини ПУ трав (табл. 2).

Температурний режим в період початок вегетації – цвітіння трав буде у перших двох сценарних періодів близьким до середнього багаторічного (12,4–12,6⁰С). і тільки для третього періоду температура повітря буде на 0,8⁰С нижче.

Сума опадів за період початок вегетації – цвітіння трав у перший сценарний період буде дещо меншою від середньої багаторічної суми и складатиме 95% від її величини. У другий період вона підвищиться до 105%, а у третій період очікується суттєве зростання суми опадів (до 118%). Характерним є збільшення кількості опадів від першого сценарного періоду до другого і далі до третього, відповідно 120, 132 і 148 мм. Досить значна кількість опадів зменшить випаровуваність і відповідно знизить дефіцит вологи (E₀–E) до 26–42 мм. Очікується покращення умов вологозабезпеченості, особливо в третій сценарний період, коли на фоні понижених температур повітря відносна вологозабезпеченість складатиме 0,82 відн. од., що на 0,15 відн.од. вище, чим за середніми багаторічними умовами. Особливістю третього періоду є значне збільшення ГТК (до 2,05 відн.од.), що сприяє наростанню рослинної маси.

Формування площі листя (рис.2) буде відбуватись аналогічно динаміці площі листя при середніх багаторічних агрометеорологічних умовах, але на дещо нижчому рівні. В період цвітіння вона буде на 0,70–0,84 м²/м² меншою в порівнянні з середньою багаторічною величиною (2,55 м²/м²). Очікується, що

найменший рівень відносної площі листя буде у перший сценарний період ($1,71 \text{ м}^2/\text{м}^2$), а найбільш високий – у третій сценарний період ($1,85 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

Інтенсивність фотосинтезу листя трав (рис. 2) в період інтенсивного наростання листкової поверхні (друга – четверта декади вегетації) буде сягати $5,3\text{--}6,9 \text{ мг CO}_2 / \text{дм}^2 * \text{год}$, що значно нижче від середніх багаторічних значень. Найбільш високим буде рівень інтенсивності фотосинтезу в третій сценарний період (за рахунок досить зниженого температурного режиму та сприятливого режиму зволоження), особливо в порівнянні з першим періодом.

Така динаміка площі листя та роботи фотосинтетичного апарату сформує досить високий фотосинтетичного потенціалу травостою за період початок вегетації – цвітіння ($65,5\text{--}76,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$ за період), хоча і нижчий за значенням порівняно з фотосинтетичним потенціалом, який формується при середніх багаторічних умовах. Для перших двох сценарних періодів він буде становити $69\text{--}71\%$ від середнього багаторічного значення, що майже на третину менший порівняно з середнім багаторічним значенням. Для третього періоду значення фотосинтетичного потенціалу трав буде складати 81% від середнього багаторічного значення

При таких агрометеорологічних умовах фотосинтетичної діяльності травостою рівень ММУ в два перші сценарні періоди буде становити $184\text{--}185 \text{ ц/га}$ всієї сухої рослинної маси, що значно менше, чим рівень ММУ травостою при середніх багаторічних умовах (250 ц/га). Це складатиме 74% від середнього багаторічного значення (табл. 2). Слід відзначити, що в порівнянні з розрахованими значеннями ММУ трав за сценарієм RCP4.5, рівень ММУ травостою в період 2021–2040 рр. за сценарієм RCP8.5 очікується значно нижчим (на $25\text{--}36 \text{ ц/га}$). Під впливом природної родючості ґрунту рівень ММУ трав понизиться до рівня ДМУ травостою, який для цих двох періодів становитиме $127\text{--}128 \text{ ц/га}$ всієї сухої рослинної маси (74% від середнього значення).

У третій сценарний період сприятливі агрометеорологічні умови можуть призвести до суттєвого підвищення рівня ММУ, який буде складати 206 ц/га

всієї сухої рослинної маси, що становитиме 82% від середнього багаторічного значення. Також буде досить високим і рівень ДМУ всієї сухої рослинної маси (142 ц/га) у цей період (83% від середніх значень).

За сценарієм RCP8.5 урожай надземної маси трав при їх вологості 16% для перших двох сценарних періодів буде становити 5,9 т/га (табл.2). В агрометеорологічних умовах двох перших періодів він буде складати 74% від середнього багаторічного, але очікується значно вищим (до 81%) для третього періоду. Співвідношення надземної частини біомаси до підземної очікується на рівні 0,66.

Баланс гумусу на ділянках степової рослинності за сценарієм RCP8.5 очікується позитивним. Він буде дещо нижчим в порівнянні з балансом гумусу при реалізації сценарію RCP4.5. Його величина очікується для двох перших сценарних періодів на рівні 0,305–0,306 т/га, а для третього періоду – 0,341 т/га, що відповідно становитиме 74 та 83% від середнього багаторічного значення.

В умовах зміни клімату при реалізації сценаріїв в різні періоди за десятиріччями в Поліссі відбуватимуться неоднозначні зміни умов формування продуктивності лучної та степової рослинності. Зміна волого-температурних умов спричинить незначне зменшення поверхні листя, що в свою чергу сприятиме зменшенню біомаси рослин. Майже в усі три періоди за розрахунками за сценаріями незначно зменшаться екологічні категорії врожайності трав. Баланс гумусу зменшиться. Зменшиться і співвідношення надземної і підземної частини рослин.

Використана література

1.Шищенко П.Г. Антропогенные преобразования современных ландшафтов./ П.Г.Шищенко //Природная среда и хозяйственная деятельность человека. -К.: Изд-во Киев.ун-та.1985. С.114 – 131.

2. Шищенко П.Г. Глобалзація і девертисифікація функцій сучасних ландшафтних систем в контексті різноманіття. / П.Г.Шищенко Проблеми ландшафтного різноманіття України. –К.,2000. С.17-20.
3. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. –М.: Наука, 1993. – 293 с.
4. Білик Г.І, Ткаченко В.С. Сучасний стан рослинного покриву заповідника «Михайлівська цілина» на Сумщині /Білик Г.І. і ін. // Український ботан. журнал, 1972, 29, №6. С. 696–702.
5. Танфильев В.Г. О долголетия злаковых, бобовых и некоторых других трав. / В.Г. Танфильев Тр. Ставропольского НИИСХ. 1975. –Вып.17. С. 99–105.
6. Flora and vegetation of dry grassland of Northeastern Ukraine, and problems of diversity conservation. / Vladimir Romkin, Galina Savchenko / - Hacquetia 15/2. 2016. P. 49–62.
7. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / За ред. С.М. Степаненка та А.М. Польового. Одеса.: ТЕС,2015. – 520 с.