

**ДВОЄМНІСНА МОДЕЛЬ ГУМУСНОГО СТАНУ
ҐРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА
АГРОЕКОСИСТЕМ**

***Г.А. Голуб, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів
і природокористування України С.М.
Кухарець, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Наведені результати моделювання гумусного стану ґрунту на основі потоків та запасів вуглецю гумусу в ґрунті та органічного вуглецю негумусної природи – органічних решток та органічних добрив.

Гумус, вуглець, продуктивність, модель, динаміка.

Постановка проблеми. Агроекосистема повинна регулюватися людиною. Будь-яке підвищення продуктивності агроекосистеми вимагає підвищення витрат енергії, в т.ч. антропогенної. Вони ідуть на підтримання енергопотенціалу агроекосистеми або на зміну умов його реалізації.

Величина потоку антропогенної енергії залежить від мети, яку ставить виробник сільськогосподарської продукції, в основному це отримання максимального доходу шляхом зниження енергоємності продукції. Досягається це або зниженням енерговитрат при фіксованому рівні продуктивності, або випереджаючим приростом продуктивності до приросту енерговитрат. Перше завдання вирішується шляхом раціональної організації праці і виробництва, заміною енергоємних операцій менш енергоємними, друге – збільшенням рівня продуктивності системи [1]. Останнє визначається біокліматичним потенціалом, родючістю ґрунту, соціально-економічними умовами.

Зручним і оперативним показником збільшення рівня продуктивності агроєкосистеми є вміст гумусу в ґрунті [2]. Якщо при функціонуванні агроєкосистеми вміст гумусу підвищується, то можна говорити про збільшення рівня продуктивності системи. Якщо вміст гумусу в процесі функціонування агроєкосистеми не змінюється, система не змінює свій рівень продуктивності, а якщо вміст гумусу знижується, система працює із зниженням рівня продуктивності.

Аналіз останніх досліджень. Згідно із дослідженнями [3–6] моделювання гумусного стану можна провести на основі потоків та запасів вуглецю гумусу в ґрунті та органічного вуглецю негумусної природи (органічних решток та органічних добрив). Витратним статтями гумусу є: використання простих речовин гідролізу гумусу (амінокислот, амінів, амідів) рослинами для свого росту і розвитку; мінералізація гумусу мікроорганізмами; втрати гумусу в результаті ерозії.

Статтями надходження гумусу є: внесення гною і компостів, як джерела поживних речовин; залишення в полі поживних решток (частини соломи, стебел сільськогосподарських культур, гички та інших подібних органічних решток); внесення мінеральних азотних добрив для підвищення коефіцієнтів гуміфікації рослинних решток (8–10 кг/т поживних решток); коренева система, що залишилась в ґрунті після збирання основного урожаю; посіви сидеральних культур (зелене добриво); кореневі виділення органічних речовин (ескудат); мікроорганізми або мікрофауна ґрунту (до 14 т/га); мезофауна ґрунту.

Мета досліджень. Моделювання гумусного стану ґрунтового середовища під час функціонування агроєкосистеми.

Результати досліджень. Відомо, що моделювання гумусного стану можна провести на основі різних варіантів моделей, які описують потоки та запаси вуглецю гумусу в ґрунті та органічного вуглецю негумусної природи (органічних решток та органічних добрив) [3–6]. Нами вибрана модель на основі двох ємностей, яка приведена на рис. 1.

Зміна вмісту вуглецю гумусу в ґрунті може бути визначена згідно системи рівнянь [7]:

$$\begin{cases} V \frac{dY}{dt} = \Pi V - k_y YV - k_{yx} YV = \Pi V - YV(k_y + k_{yx}) = \Pi V - k_T YV; \\ V \frac{dX}{dt} = k_{yx} YV - k_x X V; \end{cases} \quad (1)$$

де: $k_y YV$ – щорічна мінералізація вуглецю негумусової природи в ґрунті, кг/га рік; $k_{yx} YV$ – щорічна гуміфікація вуглецю негумусової природи в ґрунті, кг/га рік; $k_x X V$ – щорічна мінералізація вуглецю гумусу в ґрунті, кг/га рік.

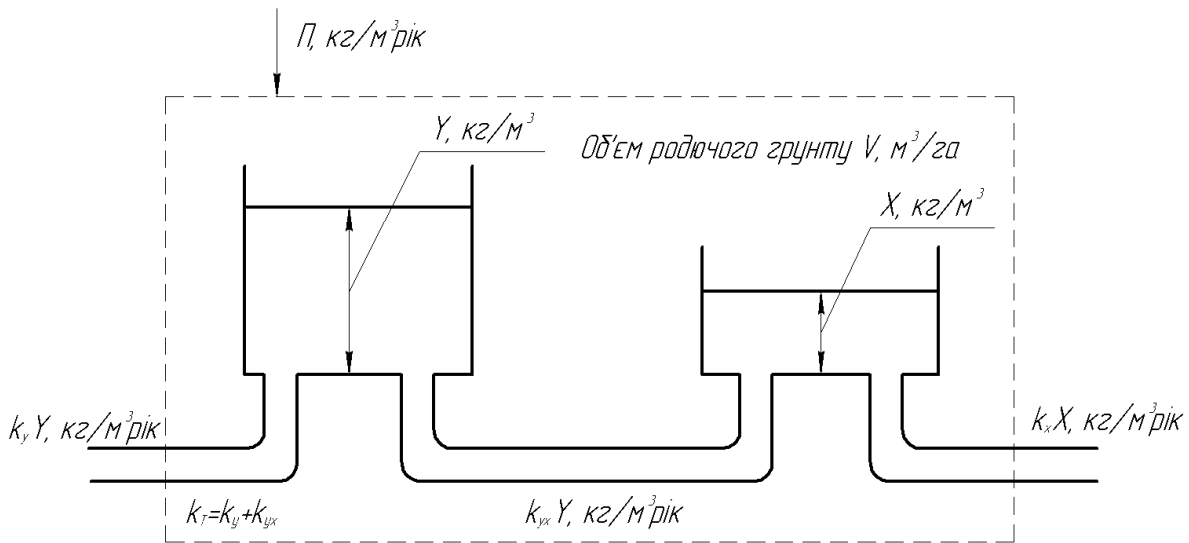


Рис. 1 Розрахунок зміни вмісту вуглецю в ґрунті: Π – щорічне надходження вуглецю негумусової природи в ґрунт, кг/м³ в рік; Y – вміст вуглецю негумусової природи в ґрунті, кг/м³; X – вміст вуглецю гумусу в ґрунті, кг/м³; V – об’єм родючого шару ґрунту, м³/га; k_y – коефіцієнт щорічної мінералізації вуглецю негумусової природи в ґрунті, відн. од./рік; k_{yx} – коефіцієнт щорічної гуміфікації вуглецю негумусової природи в ґрунті, відн. од./рік; k_x – коефіцієнт щорічної мінералізації вуглецю гумусу в ґрунті, відн. од./рік; $k_T = k_y + k_{yx}$ – коефіцієнт щорічної трансформації вуглецю негумусової природи в ґрунті, відн. од./рік.

Після відповідних перетворень на основі системи (1) отримано загальний розв’язок диференційного рівняння [7], яке має вигляд:

$$\begin{aligned} X = & \frac{1}{k_T - k_x} \left(-X_0 k_x + \frac{k_{yx}}{k_T} \Pi - \left(\frac{dX}{dt} \right)_0 \right) \exp(-k_T t) + \\ & + \frac{1}{k_T - k_x} \left(\left(\frac{dX}{dt} \right)_0 + X_0 k_T - \frac{k_{yx}}{k_x} \Pi \right) \exp(-k_x t) + \frac{k_{yx}}{k_x k_T} \Pi. \end{aligned} \quad (2)$$

При $t=0$ вміст вуглецю гумусу становить $X_t = X_0$, а при $t = \infty$ вміст гумусу становить:

$$X_t = \frac{k_{yx}}{k_x k_T} \Pi. \quad (3)$$

На основі рівняння (2) встановлено, що для того, щоб не допустити дегуміфікації цілинного ґрунту і утримати початковий вміст гумусу, необхідно щорічно вносити в ґрунт вуглець негумусової природи в кількості:

$$\Pi = \frac{k_x k_T}{k_{yx}} X_0. \quad (4)$$

Для перевірки представленої моделі динаміки зміни вмісту вуглецю гумусу, було використано дані Г.Я. Чесняка та М.К. Шикіули [8, 9] за Михайлівським стаціонарним дослідом для сівозміни із багаторічними травами (див. табл. 1).

Згідно даних таблиці побудовано порівняльні графіки (рис. 2), на основі яких можна стверджувати, що представлена модель динаміки вмісту вуглецю гумусу в родючому прошарку ґрунту є адекватною та дозволяє виконувати відповідні розрахунки.

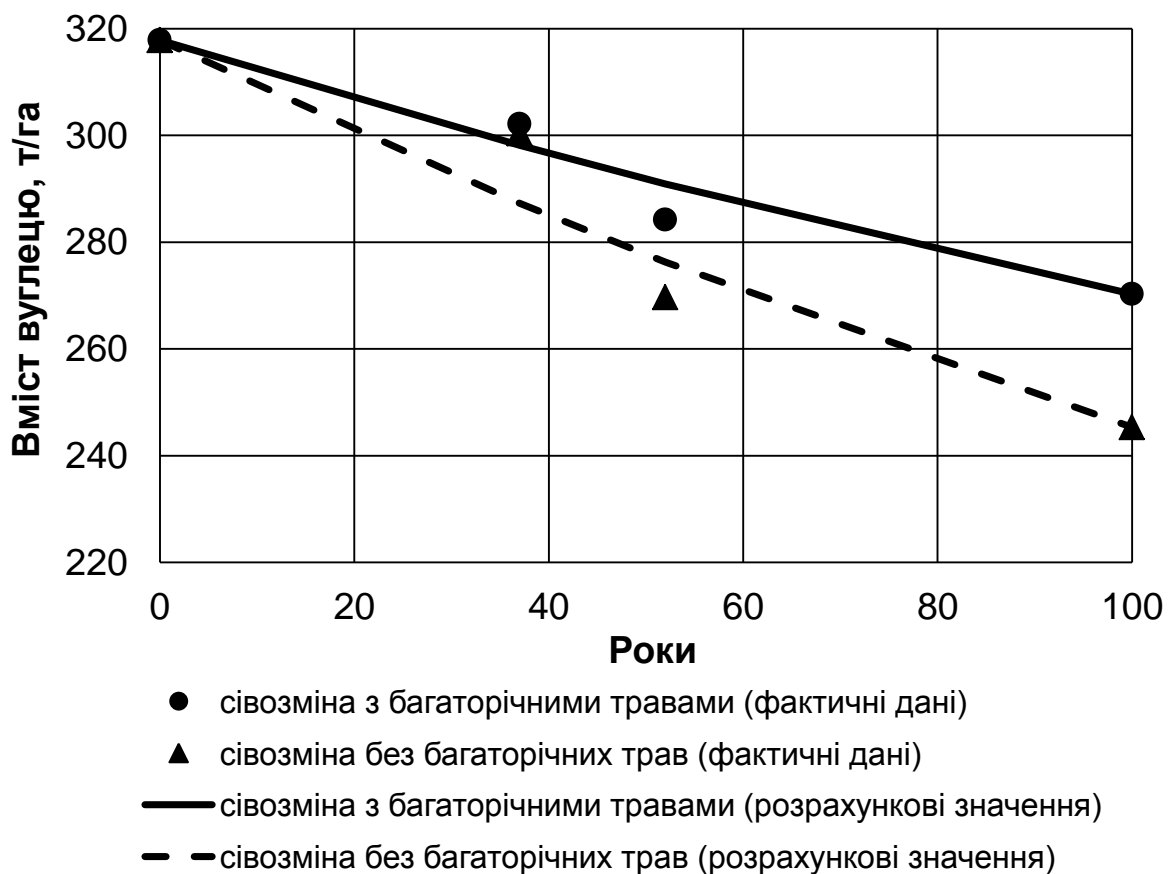


Рис. 2. Порівняння фактичних і розрахункових значень зміни вуглецю гумусу в ґрунті.

1. Результати перевірки математичної моделі, що описує зміну вмісту вуглецю гумусу за даними польового стаціонарного дослідження на чорноземі типовому Михайлівській цілині (прошарок ґрунту до 1м).

Час від початку розорювання цілини, років	Запаси гумусу та вуглецю гумусу в ґрунті (за даними Чесняка Г.Я.), т/га			
	сівозміна з багаторічними травами		сівозміна без багаторічних трав	
	запаси гумусу	запаси вуглецю	запаси гумусу	запаси вуглецю
0	548	317,84	548	317,84
37	521	302,18	518	300,44
52	490	284,2	465	269,7
100	466	270,28	423	245,34
Додаткові вихідні дані			сівозміна з багаторічними травами	сівозміна без багаторічних трав
Щорічне надходження вуглецю негумусової природи в ґрунт Π , т/га			3,12	2,52
Коефіцієнт щорічної гуміфікації вуглецю негумусової природи k_{yx} , відн. од.			0,2	0,2
Коефіцієнт щорічної мінералізації вуглецю гумусу в ґрунті k_x , відн. од.			0,0038	0,0044
Коефіцієнт щорічної трансформації вуглецю не гумусової природи k_T , відн. од.			1,0	1,0
Початковий вміст вуглецю гумусу в ґрунті X_0 , т/га			317,84	317,84
Початкова швидкість зміни вмісту вуглецю в гумусі $\left(\frac{dX}{dt}\right)_0$			-0,4756	-0,725
Постійна диференційного рівняння C_1			-0,096	-0,174
Постійна диференційного рівняння C_2			152,03	203,76
Вміст вуглецю гумусу в ґрунті в усталеному режимі X_t , т/га			165,91	114,26
Час від початку розорювання цілини, років				
Розраховано згідно запропонованої моделі, т/га				
	сівозміна з багаторічними травами		сівозміна без багаторічних трав	
	запаси гумусу	запаси вуглецю	запаси гумусу	запаси вуглецю
0	548	317,84	548	317,84
37	514	298,19	495	287,33
52	502	290,93	476	276,25
100	466	270,28	423	245,34

Відхилення розрахункових значень вмісту вуглецю гумусу від фактичних оцінювалося індексом детермінації (квадрат кореляційного відношення), який становив для сівозміни із багаторічними травами 0,952, а для сівозміни без багаторічних трав – 0,931.

Висновок. Представлена модель динаміки вмісту вуглецю гумусу в родючому прошарку ґрунту є адекватною та дозволяє виконувати розрахунки вмісту вуглецю гумусу в ґрунтах. Індекс детермінації, на основі значень якого оцінювалося наближення розрахункових значень вмісту гумусу та фактичних, становить для сівозміни із багаторічними травами 0,952, а для сівозміни без багаторічних трав – 0,931.

Список літератури

1. Булаткин Г.А., Энергетическая эффективность земледелия и агроэкосистем: взаимосвязи и противоречия / Г.А. Булаткин, В.В. Ларионов // Агрехимия. – 1997. – № 3. – С. 63–66.
2. Шидула М.К. Вирощування екологічно безпечної продукції рослинництва в ґрунтозахисному землеробстві // Відтворення родючості ґрунтів в ґрунтозахисному землеробстві / За ред. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 1998. – С. 453–459.
3. Ґрунтозахисна біологічна система землеробства в Україні : монографія / М.К. Шидула, С.С. Антонець, А.Д. Балаєв, та ін.; за ред. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 2000. – 389 с.
4. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві : монографія / М.К. Шидула, С.С. Антонець, В.О. Андрієнко, та ін.; за ред. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 1998. – 680 с.
5. Шидула М.К. Біохімічний механізм відтворення гумусу і саморегуляції ґрунтової родючості / М.К. Шидула, Д.О. Мельничук, Н.М. Рідей, С.П. Rogovський // Відтворення родючості ґрунтів в ґрунтозахисному землеробстві / За ред. проф. М.К. Шидули. – К.: Оранта, 1998. – С. 453–459.
6. Голуб Г.А. Техніко-технологічне забезпечення енергетичної автономності агроекосистем / Г.А. Голуб // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч. 4. – С. 303–312.
7. Голуб Г.А. Моделювання гумусного стану ґрунтового середовища агроекосистеми / Г.А. Голуб, С.М. Кухарець // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2014. – Вип. 196, ч. 2. – С. 20–27.
8. Родючість ґрунтів: моніторинг та управління / В.В. Медведєв, Г.Я. Чесняк, Т.М. Лактіонова та ін. ; за ред. В.В. Медведєва. – К.: Урожай, 1992. – 248 с.
9. Як зберегти і підвищити родючість чорноземів / За ред. Б.С. Носка, Г.Я. Чесняка. – К.: Урожай, 1984. – 200 с.

Приведены результаты моделирования гумусного состояния почвы на основе потоков и запасов углерода гумуса в почве и органического углерода негумусной природы – органических остатков и органических удобрений.

Гумус, углерод, производительность, модель, динамика.

The simulation humus soil based flows and stocks of carbon in soil humus and organic carbon don't humus source – organic residues and organic fertilizers are given.

Humus, carbon, productivity, model, dynamics.