

## МОДЕЛЮВАННЯ БАЛАНСУ БІОГЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

**В. Ільїна, Г. Вовкодав**

*Одеський державний екологічний університет*

*Південь України відноситься до зони із сприятливими для вирощування великого набору сільськогосподарських культур (зернових, технічних, кормових, овочевих, бахчевих та інших) кліматичними умовами, за винятком умов зволоження. Незважаючи на це, для отримання високих та стійких врожаїв на цій території необхідно використання мінеральних та органічних добрив, у зв'язку із недостатнім вмістом органічної речовини у ґрунті. До складу мінеральних добрив входить велика кількість біогенних елементів, основними з яких є азот та фосфор. Моделювання, як сучасний метод оцінки та прогнозу можливих змін стану довкілля, зазнає все більшого розповсюдження. В рамках роботи, за допомогою методики оцінки балансу біогенних елементів та математичної моделі, яка дозволяє спрогнозувати рівень врожайності, виконано моделювання балансу біогенних елементів на території Півдня України. Розрахунки проводилися за даними 2010 -2015 років по всій території, з урахуванням площі сільськогосподарських рослин, норм внесення мінеральних та органічних добрив та площ, на які вносилися окремі види добрив, при цьому виконано аналіз внесення мінеральних та органічних добрив за останні 25 років . Баланс складався за рахунок внесення біогенів з добривами (прихідна частина балансу) та поглинанням біогенів кореневою системою рослин для формування врожаю (розхідна частина балансу).*

**Ключові слова:** моделювання, біогенні елементи, математична модель, мінеральні та органічні добрива, врожай.

**Вступ.** У зв'язку із зміною кліматичних, ґрунтових та антропогенних умов навантаження на агроценози актуальною є проблема забезпечення населення високоякісними продуктами харчування у достатніх кількостях. Південь України має досить високий потенціал у цьому питанні при умові раціонального використання земель.

**Проблема.** Ґрунти Півдня України мало забезпечені гумусом, тому для раціонального використання земель необхідне застосування сучасних методів виробництва, які передбачають використання мінерального живлення для сільськогосподарських рослин, тому проблема біогенного навантаження є досить актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням оцінки стану сільськогосподарських угідь займалась досить велика кількість науковців [1]. При цьому були ураховані основні ґрунтоутворюючі характеристики [2].

**Мета досліджень.** Виконати оцінку біогенного навантаження на ґрунтовий покрив сільськогосподарських території Півдня України за

допомогою математичного моделювання, що дозволить надати практичні рекомендації щодо зменшення негативного впливу на останній.

**Результати досліджень.** Південь України відноситься до зони ризикованого землеробства. Не зважаючи на це тут можна отримувати достаньо високі врожаї сільськогосподарських рослин при умові оптимізації та раціонального використання мінерального живлення. Грунтово-технічні умови на території трьох областей характеризуються неоднорідністю. На території Одеської області умови середні, середньоважкі та важкі. На території Миколаївської області переважають важкі умови, однак спостерігаються середні, середньоважкі та дуже важкі, а на території Херсонської області - середньоважкі, важкі та дуже важкі умови [1]. Баланс гумусу на території України змінюється від 0 до більше 600 кг/га, а на території досліджуваних районів змінюється від 400 до більше, ніж 600 кг/га. Баланс гумусу на території Одеської області складає 401-500 кг/га, а на території Миколаївської та Херсонської областей більше 600 кг/га. На території Одеської, Миколаївської та Херсонської областей небезпека переущільнення змінюється від слабкої до високої загрози. При моделюванні балансу біогенних елементів в агросистемах Півдня України необхідна інформація про кількісні та якісні характеристики внесення мінеральних та органічних добрив, які наведені на рисунках 1-2.

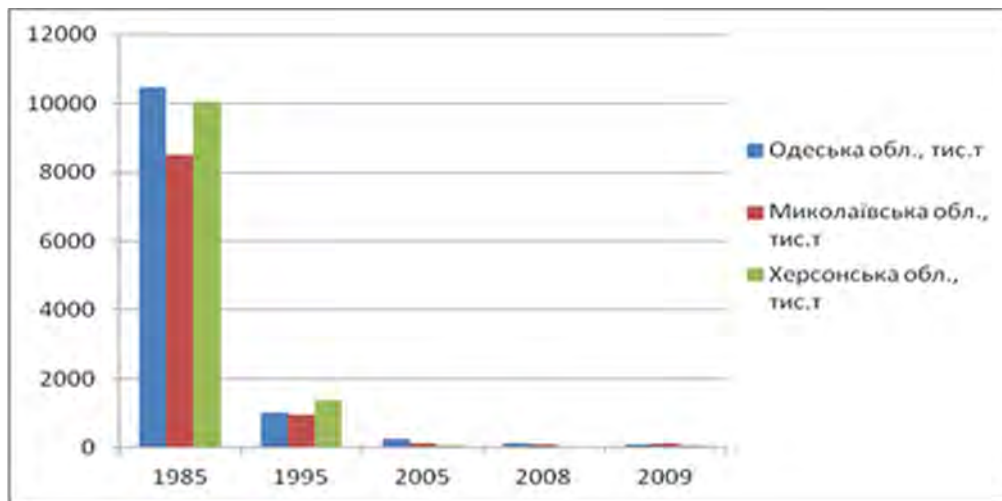


Рис. 1. Внесення органічних добрив

Максимальна кількість внесення мінерального та органічного добрив спостерігалась в 1985 році, однак розпочинаючи з 1995 року внесення добрив почало знижуватись. В 2000-х роках спостерігається незначне внесення добрив в порівнянні з 1985 року, але кількість внесення мінеральних добрив значно перевищує внесення органічними в 2005-2009 рр. Кількість внесення органічного добрива рівномірно знижується з 1985 року, а внесення мінерального - знижувалось з 1985 року до 2005, а з 2005 року до 2008 кількість внесення зросла та в 2008-2009 рр. залишається майже незмінною в досліджуваних областях.

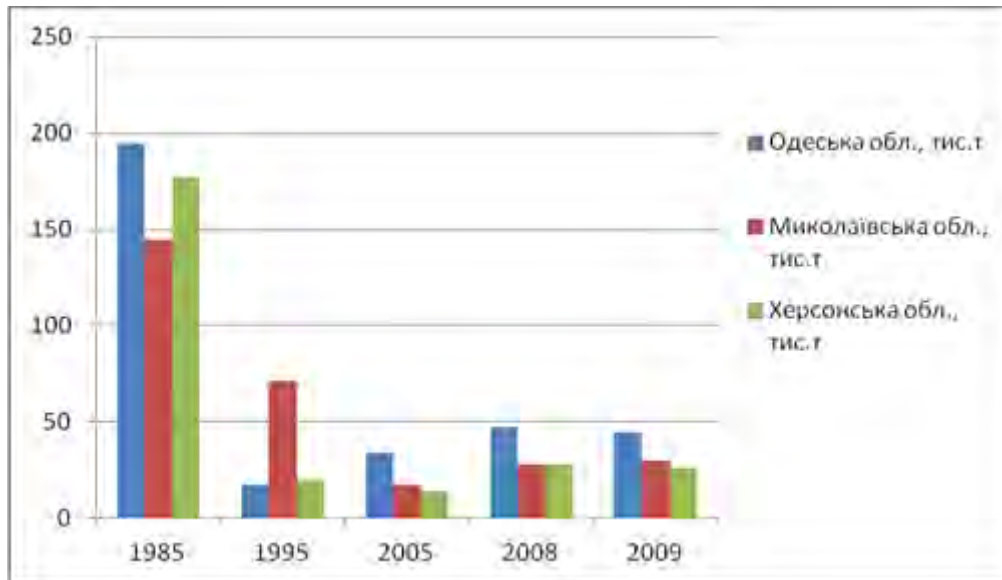


Рис. 2. Внесення мінеральних добрив

Розрахунок виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь проводять на основі відомих агрохімічних залежностей, які зв'язують кількість речовин, що виносяться з властивостями ґрунту, видами та врожайністю сільськогосподарських культур [2]. Розрахункове рівняння для визначення виносу біогенів з ґрунту базується на врожайності сільськогосподарських культур як на інтегральному показнику стану декількох базових факторів (ґрунт, метеорологічні умови, тривалість вегетаційного періоду, кількість добрив, які використовуються, засобів їх внесення та ін.) [2]. Питомий винос біогенів з площі, зайнятою  $i$ -ю сільськогосподарською культурою ( $R_i$ ), визначають за формулою [2]:

$$R_i = \alpha_N k_i y_i + \alpha_P k_i y_i + \alpha_K k_i y_i \quad (1)$$

де  $\alpha_N, \alpha_P, \alpha_K$  – відповідно коефіцієнти виносу азоту, фосфору та калію для різних ґрунтових умов та сільськогосподарських культур (таблиця 1);  $k_i$  – винос біогенів з ґрунту з урожаєм, кг/т (таблиця 2);  $y_i$  – фактична врожайність сільськогосподарської культури.

Відповідно загальний винос біогенних речовин з водоохоронної зони річки або іншого водного об'єкту визначають за формулою:

$$\sum W_{пл} = \sum_{i=1}^n R_i S_i \quad (2)$$

де  $\sum W_{пл}$  – загальний винос біогенів з площі водоохоронної зони, кг/у рік;  $R_i$  – питомий винос біогенів з площі, зайнятої сільськогосподарською культурою;  $n$  – кількість сільськогосподарських культур на площі водоохоронної зони;  $S_i$  – площа, яка зайнята сільськогосподарською культурою, га.

При розрахунках використовують значення врожайності культури за прогнозом. Площу, зайняту культурою, визначають за фактичними даними господарства про структуру посівів у водоохоронній зоні річки [16].

Таблиця 1. Коефіцієнти виносу біогенних речовин.

Культура	Ґрунти	$\alpha_N$	$A_p$	$\alpha_K$
Озима пшениця	Чорноземи звичайні	0,16	0,12	0,07
	Усі ґрунти			
Ярі зернові	Каштанові	0,24	0,09	0,23
	Чорноземи звичайні			
Картопля	Чорноземи звичайні	0,25	0,19	0,32
	Усі ґрунти	0,13	0,12	0,21
Багаторічні трави	Усі ґрунти	0,55	0,35	0,45

Таблиця 2. Винос біогенів з ґрунту з врожаєм сільськогосподарських культур, кг/т.

Культура	Ґрунти	N	P	K
Озима пшениця	Чорноземи звичайні,	34,0	9,0	20,0
	Каштанові	29,0	10,0	27,0
Ярі зернові	Чорноземи звичайні,	33,0	14,0	26,0
	Каштанові	40,0	11,0	23,0
Картопля	Чорноземи звичайні	42,0	10,0	32,0
	Каштанові	26,0	10,4	17,0
Багаторічні трави	Чорноземи південні	30,4	11,4	22,0

Початкову кількість внесених біогенних елементів визначають за формулою :

$$W_{исx} = \sum_{j=1}^m \Phi_{M_j} W_{CP_j} \quad (3)$$

де  $W_{исx}$  – вихідна кількість внесених у ґрунт біогенів, кг/рік;  $m$  – кількість видів добрив;  $\Phi_{M_j}$  – фізична маса  $j$ -го виду добрив, що вносяться, т;  $W_{CP_j}$  – середній вміст біогенних елементів у добриві  $j$ -го виду.

Фізичну масу добрив розраховують за формулою:

$$\Phi_{M_j} = \sum_{j=1}^m S_j N_j \quad (4)$$

де  $S_j$  – площа внесення  $j$ -го добрива, га;  $N_j$  – норма внесення  $j$ -го добрива, т/га.

Підвищені втрати біогенів можуть спостерігатись при низьких рівнях технологій використання добрив (від 2 до 20 одиниць). Використовуючи дані таблиці 3, можна визначити долю втрат біогенних елементів та розрахувати їх сумарний винос з ділянки внаслідок порушень технології ( $W_{пот}$ , кг/рік) за формулою:

$$\sum W_{пот} = \sum_{j=1}^m W_{исx_j} q_j \quad (5)$$

де  $q_j$  – доля втрат біогенних елементів в наслідок порушень технології внесення  $j$ -го добрива;  $W_{исx_j}$  – вихідна кількість внесення біогенних добрив  $j$ -

го вида, кг/рік .

Загальна величина виносу біогенів ( $W_{об}$ , кг/рік) буде складати:

$$W_{об} = \Sigma W_{пл} + \Sigma W_{пот}, (6)$$

а коефіцієнт втрат

$$\alpha_{пот} = W_{об} / W_{исх} (7)$$

Розрахунок виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь Півдня України проводився за двома варіантами. В першому варіанті використовувались оптимальні норми мінеральних і органічних добрив для конкретних культур, другий варіант розрахунку проводився за фактичними даними внесення добрив на Півдні України. У таблиці 3 наведено результати розрахунку коефіцієнта виносу біогенних речовин з ґрунту разом із врожаєм основних сільськогосподарських культур Півдня України за обома варіантами для 2010 року. Відомо, що при оптимальних умовах застосування добрив з врожаєм повинно витрачатися від 20 до 50% внесених біогенів, тобто 50-80% їх має залишатися у ґрунті для підтримання його родючості. Більша частина тих, що залишилися, зберігається у вигляді з'єднань, підданих повільному розкладанню. Представлені в цих формах елементи вивільняються дуже повільно, звичайно до 2-4% у рік. Такі з'єднання, внесені у складі добрив, роблять тривалий ефект на ґрунт протягом декількох років після одного застосування.

Таблиця 3. Визначення виносу біогенних елементів з сільськогосподарських угідь Півдня України.

Показник	Вар-т	Сільськогосподарські культури				Сумарне значення показника
		зернові та зернобобові	соняшник	картопля	овочі	
Початкова кількість внесених біогенів $W_{исх}$ , т/рік	1	317648	20754	9591	10640	358632
	2	55276	3769	974	2385	62405
Кількість біогенів, винесена з врожаєм $W_{пл}$ , т/рік	1	33026	549	716	5517	39808
	2	33026	549	716	5517	39808
Винос біогенів внаслідок порушень технологій $W_{пот}$ , т/рік	1	26451	1718	772	890	29830
	2	2871	186	62	114	3233
Загальна величина виносу біогенів $W_{об}$ , т/рік	1	59477	2267	1488	6407	69638
	2	35896	736	778	5631	43041
Коефіцієнт витрат $\alpha_{пот}$ , %	1	18,7	10,9	15,5	60,2	19,4
	2	24,9	19,5	29,9	96,1	39,0

Висновки. Як видно, ця закономірність спостерігається у першому випадку. Збережено також і співвідношення між культурами: найбільшу кількість живильних речовин з ґрунту поглинають овочеві культури, найменшу – соняшник. Щодо фактичної ситуації, за розрахунками у ґрунті залишається

лише біля 30% від початкової кількості внесених біогенів. Це обумовлено тим, що в останні десятиріччя майже в 10 разів скоротилося внесення органічних добрив (навозу, гною), що сприяє швидкому виснаженню і деградації ґрунтів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Ефимов В.Н. Система применения удобрений / В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, В.П. Царенко - М.: Колос, 2002. – 320 с.
2. Методические рекомендации по расчету выноса биогенных веществ поверхностным стоком. ВАСХНИЛ. – М.: 1989. – 23 с.
3. Л.М. Полетаєва, С.М. Юрасов, В.Г. Ільїна. Моделювання та прогнозування стану довкілля: Конспект лекцій. – Одеса: «ВМВ», 2006. – 181с.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЛАНСА БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ЮГА УКРАИНЫ

Ильина В., Вовкодав Г.

*Юг Украины относится к зоне с благоприятными для выращивания большого набора сельскохозяйственных культур (зерновых, технических, кормовых, овощных, бахчевых и других) климатическими условиями, за исключением условий увлажнения. Несмотря на это, для получения высоких и устойчивых урожаев на этой территории необходимо использование минеральных и органических удобрений, в связи с недостаточным содержанием органического вещества в почве. В состав минеральных удобрений входит большое количество биогенных элементов, основными из которых являются азот и фосфор. Моделирование, как современный метод оценки и прогноза возможных изменений состояния окружающей среды, имеет все большее распространение. В рамках работы, с помощью методики оценки баланса биогенных элементов и математической модели, которая позволяет спрогнозировать уровень урожайности, выполнено моделирование баланса биогенных элементов на территории Юга Украины. Расчеты проводились по данным 2010 -2015 лет по всей территории, с учетом площади сельскохозяйственных растений, норм внесения минеральных и органических удобрений и площадей, на которые вносились отдельные виды удобрений, при этом выполнен анализ внесения минеральных и органических удобрений за последние 25 лет. Баланс состоит из внесения биогенов с удобрениями (приходная часть баланса) и поглощения биогенов корневой системой растений для формирования урожая (расходной части баланса).*

**Ключевые слова:** моделирование, биогенные элементы, математическая модель, минеральные и органические удобрения, урожай.

### MODELING OF BALANCE OF BIOGENIC ELEMENTS IN THE CONDITIONS OF THE SOUTH OF UKRAINE

Ilina V., Vovkodav G.

*South of Ukraine belongs to the zone with favorable conditions for growing a large number of agricultural crops (cereals, technical, fodder, vegetable, melons and*

others), with the exception of moisture conditions. Nevertheless, in order to obtain high and sustainable crops in this territory, it is necessary to use mineral and organic fertilizers, due to the insufficient content of organic matter in the soil. The composition of mineral fertilizers includes a large number of nutrients, the main of which are nitrogen and phosphorus. Simulation, as a modern method of estimating and forecasting possible changes in the state of the environment, is becoming more widespread. In the framework of the work, using the method of estimating the balance of biogenic elements and a mathematical model that allows predicting the yield level, a modeling of the balance of biogenic elements in the territory of the South of Ukraine was performed. The calculations were carried out according to the data of 2010-2015 on the whole territory, taking into account the area of agricultural plants, the norms of mineral and organic fertilizers and areas, which were applied to certain types of fertilizers, while analyzing mineral and organic fertilizers for the last 25 years. The balance consisted of the introduction of nutrients with fertilizers (the incoming part of the balance sheet) and the absorption of nutrients by the root system of plants for the production of crops (the fractional part of the balance).

**Key words:** modeling, biogenic elements, mathematical model, mineral and organic fertilizers, crop.