

УДК 681.513

**МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ НОРМОЮ
ВНЕСЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО МАТЕРІАЛУ (МІНЕРАЛЬНИХ ТА
ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ) ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОБІОЛОГІЧНОГО
СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
НАЛЕЖНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО
ВИРОБНИЦТВА**

О. Броварець, канд. техн. наук, доцент,
Київський кооперативний інститут бізнесу і права

Сформульовані моделі оптимального керування нормою внесення технологічного матеріалу залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь дають можливість забезпечити належну ефективність сільськогосподарського виробництва. Фактором, який визначає вибір тієї або іншої структури посівних площ, є урожайність, яка перш за все залежить від кількості внесення добрив. У розгляданій моделі добрива розподіляються за видами та періодом внесення, тому такі моделі дають можливість максимально врахувати фактори впливу на кінцеву урожайність.

***Ключові слова:** оптимальне керування, норма внесення, технологічний матеріал.*

Постановка проблеми. Збільшення виробництва сільськогосподарських культур досягається інтенсифікацією технологічного процесу вирощування та оптимізацією норми внесення технологічного матеріалу на основі оперативних даних про агробіологічний стан ґрунтового середовища, отриманих від різних технічних систем оперативного моніторингу, що дає можливість створити високопродуктивні агроценози, за умов збереження екологічної безпеки довкілля та підвищення окупності ресурсних і енергетичних витрат. Відхилення від них призводить до погіршення умов вегетації і значних втрат врожаю [1, 2].

Аналіз публікацій за темою дослідження. Останні дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених показують, що за умови дотримання вимог правильного виконання всього технологічного циклу вирощування зернових, оптимізації норми керування величиною внесення технологічного матеріалу (мінеральних та органічних добрив) залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, можна забезпечити належну ефективність сільськогосподарського виробництва [1, 2, 3, 4].

Згідно із законом мінімуму Лібіха (закон обмеженого фактора) відносна дія окремого екологічного фактора тим сильніша, чим більше він

наближається, порівняно з іншими екологічними факторами, до мінімуму. За цим законом від речовини, концентрація якої є мінімальною, залежить ріст рослин, величина і сталість їхнього врожаю. Багато в чому Закон мінімуму Лібіха (рис. 1), уточнюється законом толерантності Шелфорда. [1].



Рисунок 1– Реалізація Закону мінімуму Лібіха

Мета досліджень полягає в обґрунтуванні моделі оптимального керування нормою внесення технологічного матеріалу (мінеральних та органічних добрив) залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь для забезпечення належної ефективності сільськогосподарського виробництва.

Виклад основного змісту дослідження. *Перейдемо до моделей, призначених для оптимізації розподілення і використання технічного матеріалу (мінеральних та органічних) добрив у масштабі області, країни.* Припустимо, що об'єм виробництва кожного виду добрив відомий. Відома і ефективність (надбавка урожаю) від внесення добрив стосовно зон і культур. Потрібно так розподілити добрива за зонами і культурами, щоб від них отримати максимальний врожай. Сформулюємо найпростішу модифікаційну модель:

$$C = \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^r c_{jk} \cdot x_{jk} \quad (1)$$

За умов:

$$\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^r a_{jk} \cdot x_{jk} - \sum_{s=1}^m \sum_{k=1}^r q_{is} \cdot x_{ks} \leq 0; \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^r x_{sk} = b_s; \quad (3)$$

$$0 \leq x_{jk} \leq Q_{jk}; \quad x_{jkh} \geq 0, \quad (4)$$

де a_{jk} — норма внесення добрив i -го виду для отримання одиниці надбавки врожаю j -ї продукції k -ї зоні;

x_{sh} — кількість добрив s -го виду, внесених в k -й зоні;

b_s — загальна кількість добрив s -го виду;

q_{is} — вміст i -го елемента живлення рослин в одиниці s -го добрива;

c_{jk} — ціна одиниці j -ї продукції в k -й зоні;

x_{jk} — об'єм прибавки урожаю j -ї продукції в k -й зоні, отримуваний завдяки внесенню добрив;

Q_{jh} — максимальна кількість надбавки урожаю j -ї продукції в k -й зоні завдяки внесенню добрив.

Але в цій задачі не враховуються індивідуальні затрати на виробництво одиниці добрив на різних заводах, а також витрати на перевезення добрив. Тому побудуємо модель, в яку разом з ефективним удобренням враховують транспортні витрати на їх доставку від виробника до споживача. Для цього введемо додаткові позначення:

x_{sph} — кількість добрив s -го виду, перевезених із p -го пункту їх виробництва в k -у зону їх споживання;

c_{spk} — витрати на перевезення одиниці удобрення s -го виду із p -го пункту в k -у зону;

b_{sp} — об'єм виробництва добрив s -го виду в p -м пункті.

Тоді модель приймає вигляд:

знайти максимум:

$$C = \sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^r c_{jk} \cdot x_{jk} - \sum_{s=1}^m \sum_{p=1}^{r'} \sum_{k=1}^r c_{spk} \cdot x_{spk} \quad (5)$$

За умови:

$$\sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^r a_{ijk} \cdot x_{jk} - \sum_{p=1}^{r'} \sum_{s=1}^m x_{spk} \leq 0; \quad (6)$$

$$\sum_{k=1}^r x_{spk} \leq b_{sp}; \quad (7)$$

$$0 \leq x_{jk} \leq Q_{jk}; \quad (8)$$

$$x_{spk} \geq 0. \quad (9)$$

Модифікуючи ці моделі, вводимо додаткові фактори, які так чи інакше впливають на ефективність виробництва і використання добрив. Передусім, необхідно враховувати особливості окремих ділянок сільськогосподарських угідь, спосіб внесення добрив, рівень удобрення ґрунту, кількість добрив на одиницю площі, спосіб транспортування і зберігання добрив, загальний агротехнічний рівень тощо.

Почнемо з найпростішої моделі. Уведемо в базову модель дві важливі умови, які визначають структуру і параметри задачі оптимального

використання промислових ресурсів і сільськогосподарських підприємств (співвідношення галузей землеробства з галузями тваринництва і диференціювання окремих ділянок за агробіологічним потенціалом), тоді модель приймає складнішу і конкретнішу форму.

Знайти максимум:

$$C = \sum_{j=1}^{l'} \sum_{k=1}^r c_{jk} \cdot x_{jk} + \sum_{j=1}^{l'} \sum_{k=1}^r c'_{jk} \cdot x_{jk} + \sum_{j=1}^n c_j \cdot x_j \quad (10)$$

За умови:

$$\sum_{j=1}^{l'} a_{jk} \cdot x_{jk} \leq S_k; \quad (11)$$

$$\sum_{j=1}^{l'} \sum_{k=1}^r a_{ijk} \cdot x_{jk} + \sum_{j=1}^{l'} \sum_{k=1}^r a'_{ijk} \cdot x_{jk} \leq b_i; \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^l \sum_{k=1}^r a_{hj} \cdot x_j - \sum_{l=1}^{l'} \sum_{k=1}^r v_{hjk} \cdot x_{jk} - \sum_{j=1}^{l'} \sum_{k=1}^r u'_{hjk} \cdot x_{jk} \leq D_n; \quad (13)$$

$$\sum_{l=1}^{l'} \sum_{k=1}^r a_{ijk} \cdot x_{jk} \leq \sum_{s=1}^m q_{is} \cdot b_s; \quad (14)$$

$$x'_{jk} - a'_{jk} \cdot x_{jk} \leq 0; \quad (15)$$

$$x_{jk} \geq 0. \quad (16)$$

Позначимо:

l' — кількість галузей землеробства в господарстві;

$l - l'$ — кількість галузей тваринництва;

r — кількість ділянок землі різного агробіологічного стану;

a_{hj} — затрати h -го елемента живлення корму на виробництво одиниці продукції тваринництва (або на голову j -го виду худоби);

$$v_{hjk} = q_{hjk} \cdot d_{jk}; \quad (17)$$

q_{hjk} — вміст h -го елемента живлення в одиниці j -го корму;

d_{jh} — частка j -ї продукції, отриманої на k -й ділянці, яка використовується на корм тваринам;

S_k — площа k -ї ділянки;

a_{jh} — зворотний показник урожайності j -ї культури на k -й ділянці;

a'_{hj} — відношення максимальної надбавки врожаю j -ї культури на k -й ділянці, отриманої завдяки внесенню добрив, до об'єму продукції, отриманої без внесення добрив;

k — номер окремої ділянки (зони), який має особливий показник природної родючості (він характеризує зміну всіх змінних і їхніх коефіцієнтів залежно від особливостей ділянки землі).

Ця модель досить масивна, але в ній не враховані всі фактори, які мають вплив або мають суттєвий вплив на результати господарської діяльності підприємств.

Модель оптимального використання технологічного матеріалу (органічних та мінеральних добрив). Одним із важливих засобів підвищення урожайності є внесення мінеральних добрив. Проблема оптимізації їх використання може бути вирішена з різним ступенем точності. Кожному етапу її рішення буде відповідати своя економіко-математична модель. Найпростіша модель буде визначатися:

$$C = \sum_{j=1}^d c_j \cdot x_j \quad (18)$$

За умови:

$$\sum_{j=1}^l a_{ij} x_j \leq \sum_{s=1}^m a_{is} b_s \quad (19)$$

$$0 \leq x_j \leq Q_j \quad (20)$$

Добрива, як відомо, розрізняються за основними елементами вмісту в них поживних речовин – азоту, фосфору, калію тощо. Багато добрив є комбінованими (містять два і більше елементи). Вплив добрив на підвищення врожайності залежить не тільки від концентрації в ньому поживних речовин, але і від характеру ґрунту, клімату, способу внесення. Все це необхідно враховувати, складаючи задачі.

У наведеній задачі максимізується надбавка урожаю завдяки внесенню мінеральних добрив. При цьому допускається, що існує безпосередня залежність між підвищенням урожайності і кількістю добрив.

Відомо, що ефективність удобрення залежить не тільки від сільськогосподарської культури, але від характеру підживлюваної ділянки землі і способу внесення (під час сівби, підживлення тощо), включаючи строки внесення. Позначимо номер ділянки сільськогосподарського поля індексом k ($k = 1, 2, \dots, r$) і номер способу внесення добрив h ($h = 1, 2, \dots, w$). Способи внесення добрив варто поділити на основний, передпосівний, припосівний, підживлення. Як наслідок отримуємо таку залежність:

$$C = \sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^r \sum_{h=1}^w c_j \cdot x_{jkh} \quad (21)$$

За умови:

$$\sum_{i=1}^l \sum_{k=1}^r \sum_{h=1}^w \bar{a}_{ijkh} \cdot x_{ijkh} \leq \sum_{s=1}^m q_{is} b_s \quad (22)$$

$$0 \leq x_{ijkh} \leq Q_{ikh} \quad (23)$$

де \bar{a}_{ij} — норма внесення добрив (активної речовини) i -го виду для отримання одиниці прибавки урожаю i -ї продукції;

b_s — кількість добрив s -го виду, яка є в господарстві;

q_{is} — вміст i -го поживного речовини в одиниці добрив;

c_j — ціна одиниці продукції;

x_j — кількість отриманої прибавки j -ї продукції завдяки внесенню мінеральних добрив;

Q_j — максимально можливий об'єм прибавки j -ї продукції завдяки внесенню мінеральних добрив на певній площі висіву j -ї культури.

Планова урожайність у результаті внесення добрив буде розраховуватися як:

$$F_{NPK}^{II_VP}(t) = F_{NPK}^{P_VP}(t) + \Delta F_{NPK}^{II_VP}(t) = \sum_{n=1}^r \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m x_{nij}^{P_VP} \cdot a_{nij}^{P_VP} + \sum_{n=1}^r \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m k_{nij} \cdot x_{nij}^{II_VP} \cdot |a_{nij}^{II_VP} - a_{nij}^{P_VP}|, \quad (24)$$

або

$$F_{NPK}^{II_VP}(t) = \sum_{n=1}^r \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m k_{nij} \cdot x_{nij}^{II_VP} \cdot \Delta a_{nij}^{II_VP} \quad (25)$$

$$F_{NPK}^{II_VP}(t) = \alpha_{ABC} \int_{t_0}^{t_0 + \Delta t} \sum_{n=1}^r \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m k_{nij} \cdot x_{nij}^{II_VP}(t) \cdot \Delta a_{nij}^{II_VP}(t) \cdot dt \quad (26)$$

$$\Delta a_{nij}^{II_VP}(t) = f(z) \quad (27)$$

де $a_{nij}^{P_VP}$ — реальний вміст у ґрунті добрив n -ого ($n = 1, 2, \dots, r$) (активної речовини) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i = 1, 2, \dots, l$) і номер способу внесення добрив j ($j = 1, 2, \dots, m$), яка забезпечує реальну урожайність сільськогосподарської культури U_{yp}^P кг/га;

$a_{nij}^{II_VP}$ — необхідний вміст у ґрунті добрив n -ого ($n = 1, 2, \dots, r$) (активної речовини) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i = 1, 2, \dots, l$) і номер способу внесення добрив j ($j = 1, 2, \dots, m$), яка забезпечує прогнозовану урожайність сільськогосподарської культури U_{yp}^{II} кг/га;

x_{nij} — норма внесення добрив (активної речовини) n -ого ($n = 1, 2, \dots, r$) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i = 1, 2, \dots, l$) і номер способу внесення добрив j ($j = 1, 2, \dots, m$) для отримання одиниці прибавки урожаю сільськогосподарської продукції;

k_{nij} — ваговий коефіцієнт впливу величини добрив n -ого ($n = 1, 2, \dots, r$) (активної речовини) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i = 1, 2, \dots, l$) і номер способу внесення добрив j ($j = 1, 2, \dots, m$) на реальну врожайність сільськогосподарської культури U_{yp}^P ;

$\Delta a_{nij}^{\Pi-VP}(t) = f(z)$ - функція, що описує приріст урожайності $\Delta a_{nij}^{\Pi-VP}(t)$ залежно від норми внесення поживних речовин z .

Планова (прогнозована) урожайність U_{Π}^{VP} буде визначатися, як:

$$U_{yp}^{\Pi} = U_{yp}^P + \Delta U_{yp}, \quad (28)$$

де U_{yp}^P - реальна урожайність;

ΔU_{yp} - надбавка урожайності за рахунок внесення мінеральних добрив.

Тоді:

$$\Delta U_{yp} = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (a_{kij}^{\Pi-VP} - a_{kij}^{P-VP}) \cdot x_{kij}. \quad (29)$$

Звідси прогнозована урожайність U_{yp}^{Π} буде визначатися :

$$U_{yp}^{\Pi} = U_{yp}^P + \Delta U_{yp} = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k a_{kij}^P \cdot x_{kij} + \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (a_{kij}^{\Pi-VP} - a_{kij}^{P-VP}) \cdot x_{kij}, \quad (30)$$

де $\sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (a_{kij}^{\Pi-VP} - a_{kij}^{P-VP})$ - норма внесення добрив на основі даних їх реального вмісту a_{kij}^{P-VP} та планового вмісту $a_{kij}^{\Pi-VP}$ для забезпечення планової урожайності U_{yp}^{Π} .

ΔU_{yp} - отримана прибавка урожаю сільськогосподарської культури за рахунок внесення мінеральних добрив k -ого ($k = 1, 2, \dots, r$) (активної речовини) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i = 1, 2, \dots, n$) і номер способу внесення добрив j ($j = 1, 2, \dots, k$) залежно від планової урожайності сільськогосподарської культури U_{Π}^{VP} .

Або прогнозована урожайність U_{yp}^{Π} буде визначатися :

$$U_{yp}^{\Pi} = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \Delta U_{yp} \cdot (a_{kij}^{\Pi-yp} - a_{kij}^{P-yp}) \cdot x_{kij}, \quad (31)$$

де ΔU_{yp} - приріст урожайності;

$$\sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (a_{kij}^{\Pi-yp} - a_{kij}^{P-yp}) - \text{норма внесення добрив на основі даних їх}$$

реального вмісту a_{kij}^{P-yp} та планового $a_{kij}^{\Pi-yp}$ для забезпечення планової урожайності U_{yp}^{Π} ,

ΔU_{yp} - отримана прибавка урожаю сільськогосподарської культури за рахунок внесення мінеральних добрив k -ого ($k=1,2,\dots,r$) (активної речовини) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i=1,2,\dots,n$) і номер способу внесення добрив j ($j=1,2,\dots,k$) залежно від планової урожайності сільськогосподарської культури U_{Π}^{yp} /.

Також можна записати:

$$U_{yp}^{\Pi} = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \Delta A_{kij}^{yp} \cdot x_{kij}, \quad (32)$$

де $\Delta A_{kij}^{\Pi-yp} = \Delta U_{yp} \cdot (a_{kij}^{\Pi-yp} - a_{kij}^{P-yp})$ - норма внесення мінеральних добрив k -ого ($k=1,2,\dots,r$) (активної речовини) виду для отримання планової урожайності U_{yp}^{Π} на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i=1,2,\dots,n$) і номер способу внесення добрив j ($j=1,2,\dots,k$) залежно від планової урожайності сільськогосподарської культури U_{Π}^{yp} .

$$\Delta U^{yp} = U_{\Pi}^{yp} - U_P^{yp}. \quad (33)$$

Функція прогнозованої урожайності $F_{\text{ДОБРИВ}}^{yp}(x)$ залежно від планованої урожайності U_{Π}^{yp} для сільськогосподарської культури за забезпечення внесення мінеральних добрив k -ого ($k=1,2,\dots,r$) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i=1,2,\dots,n$) і номер способу внесення добрив j ($j=1,2,\dots,k$):

$$F_{\text{ДОБРИВ}}^{yp}(x) = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k U_{\Pi}^{yp} \cdot a_{kij} \cdot x_{kij}, \quad (34)$$

де U_{II}^{yp} — планова урожайність сільськогосподарської культури за внесення мінеральних добрив k -ого ($k = 1, 2, \dots, r$) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i = 1, 2, \dots, n$) і номер способу внесення добрив j ($j = 1, 2, \dots, k$) та необхідної кількості добрив порівняно з очікуваною $U_{OЧ}^{yp}$, ц/га/(кг/га);

a_{kij} — норма внесення мінеральних добрив k -ого ($k = 1, 2, \dots, r$) (діючої речовини) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i = 1, 2, \dots, n$) і номер способу внесення добрив j ($j = 1, 2, \dots, k$) для отримання одиниці прибавки урожаю продукції залежно від планової урожайності сільськогосподарської культури U_{II}^{yp} кг/га;

x_{kij} — кількість отриманої прибавки урожаю сільськогосподарської культури завдяки внесенню мінеральних добрив k -ого ($k = 1, 2, \dots, r$) (активної речовини) виду на ділянці сільськогосподарського поля індексом i ($i = 1, 2, \dots, n$) і номер способу внесення добрив j ($j = 1, 2, \dots, k$) залежно від планової урожайності сільськогосподарської культури U_{II}^{yp} .

$j = 1, 2, \dots, k$ - спосіб внесення добрив розділяють на чотири етапи: $j = 1$ - основне; $j = 2$ - передпосівне; $j = 3$ - припосівне; $j = 4$ - підживлення (таблиця 1).

a_k — норма внесення мінеральних добрив (активної речовини) k -ого виду ($k = 1, 2, \dots, r$) (таблиця 1). Бувають a_{pH} , a_{pH} , a_N , a_P , a_K тощо.

Економічна ефективність EK виробництва продукції рослинництва:

$$EK = Bp(F_{цiна}(x) - F_{вартiсть}(x)) \quad (35)$$

$$EK = Bp(F_{цiна}(x) - F_{вартiсть}(x)) \rightarrow \max \quad (36)$$

Ця умова буде дотримуватися за $F_{цiна}(x) \rightarrow \max$, а

$$F_{вартiсть}(x) \rightarrow \min.$$

Економічна ефективність EK сільськогосподарського виробництва буде розраховуватися за формулою:

$$EK = F_{ДОБРИВ}^{yp}(x) \cdot F_{ц}(x) - F_3(x), \quad (37)$$

де $F_{\text{ДОБРИВ}}^{\text{VP}}(x)$ - функція прогнозованої врожайності, ц/га;

$F_{\text{Ц}}(x)$ - функція, яка описує вартість продукції залежно від якості, грн/ц;

$F_3(x)$ - функція, яка описує затрати на виготовлення сільськогосподарської продукції, грн/ц.

Прогнозована урожайність $U_{\text{VP}}^{\text{II}}$:

$$U_{\text{VP}}^{\text{II}} = \prod_{i=1}^n k_i F_{\text{НОВ}}(x) \left(\sum_{j=1}^n k_n \cdot \prod_{k=1}^{k-1} F_k(x) \right), \quad (38)$$

де $F_{\text{ПОЛЯ}}(x)$ - функція агробіологічного стану сільськогосподарського поля;

k_i - коефіцієнт, який характеризує агробіологічний потенціал поля;

k_j - коефіцієнт, який характеризує все, що не належить до агробіологічного потенціалу поля (рослина, поживні речовини, якість виконання технологічних операцій, Причому $\sum k_j = 1$.

$$U_{\text{II}}^{\text{VP}} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot (k_4 \cdot F(x) + k_5 \cdot F(x) + k_6 \cdot F(x)), \quad (39)$$

де $F(x)$ - рекомендован норма висіву сільськогосподарських культур;

k_1 - вплив агробіологічного потенціалу поля по поживних речовинах (варіюється в межах від 0 до 0,1, нормативне значення показника не нижче - 0,80);

k_2 - вплив оперативної вологості ґрунту (варіюється в межах від 0 до 1,0, нормативне значення показника не нижче - 0,90);

k_3 - вплив оперативної твердості ґрунту (варіюється в межах від 0 до 1,0, нормативне значення показника не нижче - 0,80);

k_4 - вплив агробіологічного потенціалу рослини, селекція (варіюється в межах від 0 до 1,0, нормативне значення показника не нижче - 0,90);

k_5 - вплив додаткового внесених поживних речовин (варіюється в межах від 0 до 1,0, нормативне значення показника не нижче - 0,80);

k_6 - вплив якості виконання технологічної операції (варіюється в межах від 0 до 1,0, нормативне значення показника не нижче - 0,90);

k_4, k_5, k_6 - можна визначити за допомогою оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища (оптимізує дані за допомогою технічних систем оперативного моніторингу).

Рекомендована норма висіву сільськогосподарських культур розраховується як:

$$\begin{aligned}
F(x,y) &= F(x,y) \text{ (Прогностична норма сівиби)} = \\
&= k_1 * F(x,y) \text{ (попередня наявна урожайність)} + \\
&+ k_2 * F(x,y) \text{ (дані електропровідності стану ґрунтового середовища)} \\
&+ \\
&+ k_3 * F(x,y) \text{ (агробіологічний потенціал поля)} + \\
&+ k_4 * F(x,y) \text{ (агробіологічний потенціал рослини, селекція)} + \quad (40) \\
&+ k_5 * F(x,y) \text{ (потенціал внесених поживних речовин)} + \\
&+ k_6 * F(x,y) \text{ (оперативна вологість ґрунту)} + \\
&+ k_7 * F(x,y) \text{ (оперативна твердість ґрунту)} + \\
&+ k_8 * F(x,y) \text{ (прогнозована урожайність)},
\end{aligned}$$

де $F(x,y)$ - певні параметри ґрунтового середовища у визначених координатах поля x, y ;

k_1^F - коефіцієнт впливу попередньої наявної урожайності (варіюється в межах від 0 до 0,10, нормативне значення показника не нижче - 0,05);

k_2^F - коефіцієнт впливу даних оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища (варіюється в межах від 0 до 0,20, нормативне значення показника не нижче - 0,10);

k_3^F - коефіцієнт впливу агробіологічного потенціалу поля (варіюється в межах від 0,10 до 0,40, нормативне значення показника не нижче - 0,25);

k_4^F - коефіцієнт впливу агробіологічного потенціалу рослини, селекція (варіюється в межах від 0,10 до 0,30 нормативне значення показника не нижче - 0,20);

k_5^F - коефіцієнт впливу потенціалу внесених поживних речовин (варіюється в межах від 0,10 до 0,30, нормативне значення показника не нижче - 0,15);

k_6^F - коефіцієнт впливу оперативної вологості ґрунту (варіюється в межах від 0 до 0,15, нормативне значення показника не нижче - 0,10);

k_7^F - коефіцієнт впливу оперативної твердості ґрунту (варіюється в межах від 0 до 0,15, нормативне значення показника не нижче - 0,10);

k_8^F - коефіцієнт впливу прогнозованої урожайності (варіюється в межах від 0 до 0,10, нормативне значення показника не нижче - 0,05)

Тоді функція можливої врожайності розраховується:

$$\begin{aligned}
F(\text{Можлива урожайність}) &= F(\text{агробіологічний потенціал поля}) + \\
&+ F(\text{агробіологічний потенціал рослини}) + \quad (41)
\end{aligned}$$

- +F(потенціал поживних речовин)+
- +F(оперативна вологість ґрунту)+
- +F(оперативна твердість ґрунту)

Висновок. В умовах економічної та екологічної кризи за розроблення технології вирощування пшениці озимої та елементів її удосконалення, великого значення надають *максимальній реалізації біологічного потенціалу сорту шляхом оптимального керування нормою внесення технологічного матеріалу (мінеральних та органічних добрив)* залежно від агробіологічного стану сільськогосподарських угідь для забезпечення належної ефективності сільськогосподарського виробництва. Встановлено, що високі врожаї зернових формуються лише за умови сівби з оптимальними нормами висіву.

Література:

1. Robson M/ A practical guide to business process re-engineering/M.Robson, P. Ullah. – London: Gower Publishing Std, 1996/
2. Scherer F.M/ Industrial market structure and economic performance / F.M. Scherer, D/Ross. – Boston, USA: Honglton Mifflin Co.,1990.
3. Эрлих А. технический анализ товарных и финансовых рынков/А.Эрлих. – М.: ИНФРА – М,1996.
4. Макконел Л.Экономические принципы, проблемы и политика/ Л.Макконел, С.Брю. – М.: Менеджер, 1993.
5. Карибский А.В. Моделирование развития структуры крупномасштабных производственно-транспортных систем. I,II/ А.В.Карибский, А.Д. Цвиркун, Ю.Р. Шишорин// автоматика и телемеханика. – 1989. – №2. – С.116-131; №4. – С. 139 – 154.
6. Карибский А.В. Бизнес-план: финансово-экономический анализ и критерии эффективности. (Методы анализа и оценки)/ А.В.Карибский, Ю.Р.Шишорин // Препринт. – М.: Институт проблем управления, 1996.
7. Karibsky A/ Managing the development of large-scale system/ A. Karibsky//Mathematics and Computers in Simulation. 1991/ - no. P.287-293/
8. Шестаков Н.В. использование компьютерных методов моделирования при инвестиционном планировании нефтехимических производств /Н.В.Шестаков// тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Управление большими системами». – М. ИПУ, 1991. – С. 391.
9. Карибский А.В. Информационные технологии и особенности финансово-экономического анализа крупных инвестиционных проектов в нефтяной промышленности / А.В. Карибский // Мир связи – 1998. - № 7-8. – С.72-77.
10. Сендреев Ю.Н. Управление конечно- матричными линейными объектами/ Ю.Н. Сендреев. – М. Наука, 1976. – 424 с.
11. Красовский Н.Н. Теория управления движением / Н.Н. Красовский. – М.: Наука, 1968. – 474 с.

12. Ройтенберг Я.Н. Автоматическое управление / Я.Н. Ройтенберг. – М.: Наука, 1978. – 551 с.

13. Егоров А.И. Оптимальное управление линейными системами / А.И. Егоров. – Киев: Вища школа, 1988. – 276 с.

14. Понтрягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Е.Ф. Мищенко. – М.: Наука, 1961. – 391 с.

Аннотация.

Сформулированные модели оптимального управления нормой внесения технологического материала в зависимости от агробиологического состояния сельскохозяйственных угодий дают возможность обеспечить надлежащую эффективность сельскохозяйственного производства. Достаточно лишь сказать, что фактором, который определяет выбор той или другой структуры посевных площадей, является урожайность, которая в первую очередь зависит от количества внесения удобрений. В рассматриваемой модели удобрения распределяются за видами и периодом внесения, потому такие модели дают возможность максимально учесть факторы влияния на конечную урожайность.

Summary.

The formulated optimum case frames by the norm of bringing of technological material depending on the agrobiological state of agricultural lands enable to provide the proper efficiency of agricultural production. It is enough only to say, that by a factor which determines the choice of that or other structure of sowing areas, there is productivity which above all things depends on the amount of bringing of fertilizers. In the examined model the fertilizers are distributed after kinds and period of bringing, that is why such models enable maximally to take into account the factors of influence on eventual productivity.