

## Література

1. Вітлінський В.В., Піскунова О.В., Математичні моделі та методи ринкової економіки / Навч. посібник, Київ, КНЕУ, 2010.
2. Кисіль Т. М., Нейросистеми та фінансові ринки: прийняття рішень в торгових операціях / Збірник наук. праць «Моделювання та інформаційні системи в економіці», випуск 82, КНЕУ Київ, 2010.
3. Смирнов А.Д., Лекции по макроэкономическому моделированию: учебное пособие для вузов.-М.ГУВШЭ, 2000
4. Дьяконов В.П., Круглов В.В, Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики, «Библиотека профессионала». — М. СОЛОН-ПРЕСС, 2006

УДК 519.863:332.37:625.537

**Ткач О. В.**, к.е.н., доц.,

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

### **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРОТИЕРОЗІЙНОЇ МЕЛІОРАЦІЇ ҐРУНТІВ**

*АНОТАЦІЯ.* У роботі проаналізовано сучасний стан земельних ресурсів країни. Показано інтенсифікацію ерозійних процесів в Україні та світі. Доведено необхідність інвестування для збереження та відтворення родючості ґрунтів. Для раціонального використання власних, державних та позичених коштів запропоновано економіко-математичну модель збереження родючості ґрунтів за рахунок протиерозійної меліорації.

*КЛЮЧОВІ СЛОВА:* математичне моделювання, економіко-математична модель, критерії оптимальності, протиерозійна меліорація, вітрова та водна ерозія, збереження та відтворення родючості ґрунтів.

*ABSTRACT.* Modern land conditions have been analyzed. It was paid attention that soil erosion had spread around the world and in Ukraine. The soil fertility preservation's economic mathematical model of anti-erosion amelioration has been proposed in this article. The model stipulates rational use of own, state and loan means for anti-erosion amelioration investment.

*KEY WORDS:* mathematical modelling, economic mathematical model, optimization criteria, anti-erosion amelioration, wind and water soil erosion, soil fertility preservation and reproduction.

У сучасних умовах ефективно управління сільським господарством повинно базуватись на різнобічному аналізі стану та тенденцій. Для цього необхідна обробка великого обсягу аналітич-

ної, прогнозованої та іншої інформації, багатоваріантні розрахунки, створення всеохоплюючої бази даних, системи економіко-математичних моделей. Обґрунтований аналіз можливих альтернатив розвитку, вибір найбільш ефективних та стійких із них можливі на основі математичного моделювання, використання якого значно підвищує ефективність і точність планування функціонування та розвитку економічних систем.

Традиційні методи аналізу і прийняття рішень є не в достатній мірі ефективними, тим більш в АПК, в процесах якого необхідно враховувати особливості живих організмів — рослин і тварин. Економіст-аграрник професор В. М. Нелеп стверджує: «... традиційні методи не дозволяють з певністю стверджувати, що розраховані за їх допомогою варіанти (плани) розвитку виробництва найкращі серед можливих за даних конкретних умов. Це призводить до нерационального використання виробничих ресурсів, високої собівартості продукції і зниження темпів розвитку сільського господарства. Найбільш ефективно такі задачі розв'язувати за допомогою математичного програмування з використанням електронно-обчислювальної техніки» [11, с.151].

Наголосимо, що землеробство є джерелом абсолютної доданої вартості і повинно функціонувати за теорією фізіократів. Цю теорію розвинули українські вчені С. Подолинський, В. Вернадський, М. Руденко [1, 14, 18] та інші. Згідно з формулою прогресу М. Руденка умовно вироблена продукція протягом року має бути розділена таким чином:  $\frac{2}{5}$  (у вигляді соломи і трави — для згодовування худобі ( $\frac{1}{5}$ ) і для удобрення землі органікою ( $\frac{1}{5}$ ), а  $\frac{3}{5}$  у вигляді зерна — для споживання самими виробниками цієї продукції ( $\frac{1}{5}$ ), працівниками промисловості ( $\frac{1}{5}$ ) та задоволення потреб держави ( $\frac{1}{5}$ ). Цей закон має строго виконуватися, бо будь-яке його порушення з метою одержання короткотермінової вигоди повертається для суспільства великими втратами.

В Україні за роки радянської влади природні, людські та інші ресурси експлуатувались нещадно. В цілому по СРСР у 1936-1937 рр. виніс урожаєм з ґрунту азоту компенсувався на 33,5 %, фосфору — на 47,5 % і калію — на 34,4% [15, с.193] в основному за рахунок поживних речовин органічних добрив та біологічної фіксації азоту бобовими культурами. З цього приводу відомий вчений-агрохімік Д. Н. Прянишников наголошував, що «... необхідно понизити ... дефіцитність нашого сучасного балансу, яка є несумісною із завданням переходу до стійкого та неухильного підвищення урожаїв та систематичного підвищення ефективної родючості ґрунтів» [15, с.194].

Відносна забезпеченість мінеральними добривами була досягнута лише у 60-х роках. Але, навіть при внесенні у 1958–1962 рр. значно більшої кількості добрив, баланс поживних речовин у землеробстві чорноземної зони УРСР був більш дефіцитним, ніж в цілому по СРСР. Разом з цим для розв'язання проблеми нестачі робочої сили у несільськогосподарських галузях здійснювалась концентрація сільськогосподарського виробництва, тобто землекористування. З'явилися так звані *неперспективні села*, які нерідко відселялись, внаслідок чого зникли тисячі населених пунктів. Подібний підхід, який зберігся майже до 1985 р., призвів до того, що великі масиви ландшафтів виявилися незаселеними, збільшились транспортні витрати, погіршилась культура виробництва на віддалених полях та інтенсифікувались процеси ерозії. Слід зазначити, що дані процеси є найбільш суттєвим чинником втрат ґрунту [2, 3, 4, 6, 12, 13]. Міграція сільської робочої сили до міст, особливо молоді, призвела до того, що з 1979 року кількість українського сільського населення почала зменшуватись.

З часом все більше земельних угідь у світі стають менш придатними або непридатними для ведення господарської діяльності. За останні сто років на нашій планеті внаслідок ерозії втрачено близько 2 млрд. га родючих земель, що складає приблизно 28 % ріллі [9]. Інтенсивність ерозії у 1920-х — 1970-х роках зростає у 8 разів і може значно збільшитися за збереження такої тенденції. На теперішній час у світі водною ерозією пошкоджено приблизно 31 %, а вітровою — 34 % суші [8]. Майже на половині поливних земель світу відбуваються процеси засолення і заболочення. Всього на планеті є 50–60 млн га вторинно засолених зрошуваних земель, при цьому із сільськогосподарського використання щорічно виводиться біля 10 млн га таких земель [7].

В Україні з площею сільськогосподарських угідь 42,4 млн га знає дії водної ерозії 10,6 млн га, на 15 млн га поширена дефляція. Територія близько 1,6 млн га охоплена одночасною дією як водної, так і вітрової ерозії [13, с. 94]. У складі еродованих земель обліковуються 4,6 млн га середньо- і сильнозмитих ґрунтів, у тому числі 68 тис. га тих, що повністю втратили гумусовий горизонт [19], тобто понад 50 % сільськогосподарських угідь потребують періодичного здійснення заходів щодо їх поліпшення [5, 6, 12, 13, 16, 19].

Внаслідок національної економічної кризи значно скоротилося проведення заходів по захисту ґрунтів. З 1995 р. повністю припинено терасування крутих схилів, майже припинилось створення захисних лісових смуг (0,01 тис. га у 1995 р. порівняно з 5,6 тис. га у 1990 р.), зменшилось будівництво берегоукріплюва-

льних споруд [20, с. 212]. З 1996—1997 рр. повністю припинилось вапнування та гіпсування ґрунтів, більшість господарств не вносили мінеральних добрив.

Виходячи з того, що за нормальних природних умов за сто років утворюється менше 1 см ґрунту [13, с. 4], вченими-аграрниками доведено, що попереджати ерозійні процеси суттєво ефективніше, ніж ліквідувати їх наслідки. Землі, що виводяться з господарського обороту, можуть бути не тільки власне змитою ділянкою, а й прилегла до неї територія, засмічена продуктами змиву. Крім того, забруднення поверхневих і підземних водних джерел продуктами ерозії ґрунтів та агрохімікатами перетворились на гостру національну проблему. Тобто проведення заходів з попередження ерозії або зниження її рівня приводить не лише до збереження ресурсу ґрунту, а й до поліпшення екологічного стану довкілля.

Протиерозійна меліорація передбачає:

— проведення лісозахисних заходів (заліснення ярів, балок, крутосхилових та ін. ерозійнонебезпечних видів ґрунтів, створення полезахисних лісосмуг, збільшення густоти існуючих смуг до науково обґрунтованих нормативів);

— водозатримне терасування, обвалування схилових земель, побудова гідротехнічних та ін. протиерозійних споруд тощо;

— застосування в зоні дії ерозії різних способів і видів обробітку ґрунту: плоскорізний обробіток (на схилах), щілювання, використання чизельних знарядь для розпушення плужної підшови та ін.

Основні форми застосування протиерозійної меліорації визначаються ландшафтними та кліматичними умовами. Так для Степу поєднання лісозахисних смуг з плоскорізним обробітком ґрунту дозволяє суттєво знизити дефляційні процеси. Тобто для кожної еродованої ділянки обирається комплекс найбільш ефективних заходів.

За даними Інституту ґрунтознавства і агрохімії ім. Соколовського, втрати поживних речовин від ерозії становлять 12–17 кг/га азоту, 10–14 — фосфору і 80–90 кг/га калію [17, с. 8]. Разом з тим «... за останні 40 років (1961—2000) вміст гумусу зменшився більш, ніж на 0,3 % і становить в середньому по Україні 3 %. За таких темпів можемо через 200–250 років залишитися без родючого шару ґрунту» [17, с. 10].

Однією з головних причин такої тенденції є посилення ерозійних процесів. Змив гумусу з орних земель становить 23–24 млн т за рік, азоту — близько 1 млн т, фосфору — 0,7 млн т. Приблизно

на 100 тис. га щорічно збільшуються площі еродованих земель, що рівнозначно площі середнього адміністративного району України [17, с. 8], тобто «... якщо 10–12 років тому ставилося завдання про стабілізацію і накопичення гумусу в ґрунті, то нині питання з питань — уповільнити зниження вмісту гумусу і в цілому продуктивності ланів» [17, с. 8].

Для протиерозійної меліорації ґрунтів необхідні значні капіталовкладення. Однак сільськогосподарські виробники таких капіталів не мають. Тому без державної підтримки не обійтись. Відповідні проекти розробляються у Міністерстві аграрної політики. Виділені державою інвестиції повинні бути використані раціонально. З цією метою необхідно розробити економіко-математичну модель оптимізації використання власних коштів, кредитів та державних інвестицій для збереження родючості ґрунту за рахунок протиерозійної меліорації.

Нехай маємо  $L$  ( $l=1,2,\dots,L$ ) — множина ерозійнонебезпечних ділянок,  $I$  ( $i=1,2,\dots,I$ ) — кількість протиерозійних меліоративних заходів. Приріст продукції сільськогосподарських культур, отриманий в результаті протиерозійної меліорації ґрунтів розглядається як товарна продукція. Розрахуємо середньозважену величину виручки від реалізації приросту продукції  $K$  ( $k=1,2,\dots,K$ ) сільськогосподарських культур сівозміни з 1 га, отриманої внаслідок меліорації  $l$ -ї еродованої ділянки  $I$  меліоративними заходами за формулою:

$$D_l = \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \Delta Y_{kl}^i \cdot C_k \cdot q_k, \quad (l \in L) \quad (1)$$

де  $D_l$  — середньозважена виручка від реалізації приросту продукції  $K$  сільськогосподарських культур сівозміни з 1 га, отриманої за рахунок збереження ґрунту  $l$ -ї ділянки, грн;  $\Delta Y_{kl}^i$  — приріст урожайності  $k$ -ї сільськогосподарської культури внаслідок застосування  $i$ -го способу ґрунтозберігаючої меліорації  $l$ -ї ділянки, т/га;  $C_k$  — ціна 1 тонни продукції, отриманої в результаті реалізації  $k$ -ї сільськогосподарської культури, грн/т;  $q_k$  — питома вага площі посіву  $k$ -ї сільськогосподарської культури в структурі посівних площ.

Повний обсяг витрат на 1 га ріллі  $l$ -ї ділянки на протиерозійну меліорацію, обробку та реалізацію отриманого приросту урожаю розрахуємо наступним чином:

$$W_l = C_l + 3_l \cdot T \quad (2)$$

$(l \in L)$

де  $W_l$  — повний обсяг витрат на 1 га ріллі  $l$ -ї ділянки на протиерозійну меліорацію, обробку та реалізацію отриманого приросту продукції  $K$  сільськогосподарських культур, грн;  $C_l$  — вартість протиерозійної меліорації 1 га ріллі  $l$ -ї ділянки  $l$  необхідними способами, грн;

$$C_l = \sum_{i=1}^l b_{li}, \quad (3)$$

$(l \in L)$

де  $b_{li}$  — вартість меліорації 1 га ріллі  $l$ -ї ділянки  $i$ -м способом, грн;  $T$  — плановий період експлуатації протиерозійних укріплень, споруд, дренажів, насаджень тощо, років;  $3_l$  — середньозважений обсяг витрат на обробку та реалізацію приросту продукції  $K$  сільськогосподарських культур з 1 га ріллі, отриманого внаслідок меліорації  $l$ -ї ділянки, грн.

Позначимо через  $X_{lt}$  — площу  $l$ -ої ділянки, яка буде меліорована у  $t$ -у році, ( $t \in T$ ). Вона даватиме віддачу  $T$  років. Наприклад, площі  $l$ -х ділянок, оброблені на початку  $T$ -го року, дають продукцію наприкінці цього ж року та ще  $(T-1)$  років. Нехай роки післямеліоративного періоду позначимо через  $v$ , ( $v \in N$ ), тоді  $S_{lv}$  — площа  $l$ -ї ділянки, для якої в  $v$ -му році дія меліорації закінчилась.

Критерієм оптимальності візьмемо показники приросту товарної продукції, прибутку та рентабельності. Отже, маємо:

1) максимізація приросту товарної продукції:

$$Z_1 = \sum_{t=1}^T \left( \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^t D_l X_{lr} \right) + \sum_{v=1}^N \left( \sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^v D_l \left( \sum_{t=1}^T X_{lt} - S_{lq} \right) \right), \quad (4)$$

2) максимізація прибутку від реалізації приросту продукції:

$$Z_2 = \sum_{t=1}^T \left( \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^t (D_l - W_l) X_{lr} - d_{1t} - d_{3t} \right) + \sum_{v=1}^N \left( \sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^v (D_l - W_l) \left( \sum_{t=1}^T X_{lt} - S_{lq} \right) \right), \quad (5)$$

де  $d_{1t}$  — оплата відсотків за кредит, грн;  $d_{3t}$  — повернення частини кредиту, грн.

3) максимізація рентабельності:

$$Z_3 = \frac{Z_2}{\sum_{t=1}^T \left( \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^t W_l X_{lr} + d_{1t} + d_{2t} + d_{3t} \right)}, \quad (6)$$

де  $d_{2t}$  — обсяг реінвестування, грн.

Обмеження:

1. По площі ділянок, які потребують протиерозійної меліорації:

$$\sum_{t=1}^T X_{lt} \leq X_l, \quad (l \in L), \quad (7)$$

де  $X_l$  — площа  $l$ -ї еродованої ділянки.

2. По забезпеченню протиерозійної меліорації грошовими коштами:

$$C_l X_{lt} \leq V_t + V_0, \quad (t \in T), \quad (8)$$

де  $V_t$  — обсяг кредиту, взятого на проведення меліорації, грн;  
 $V_0$  — власні кошти господарства, грн.

3. За грошовими доходами  $t$ -го року:

$$\Pi_t = \sum_{l=1}^L \sum_{r=1}^t (D_l - W_l) X_{lr} + d_{4,t-1}, \quad (9)$$

де  $\Pi_t$  — грошовий дохід  $t$ -го року, отриманий внаслідок протиерозійної меліорації, грн;  $d_{4,t-1}$  — залишок коштів попереднього року, грн.

4. за розподілом грошового доходу:

$$\Pi_t = d_{1t} + d_{2t} + d_{3t} + d_{4t}. \quad (t \in T) \quad (10)$$

5. Після сплати відсотків за кредит:

$$d_{1t} = \beta V_t, \quad (t \in T) \quad (11)$$

де  $\beta$  — відсоток за кредит.

6. За реінвестування протиерозійної меліорації:

$$V_0 + d_{2t} \geq C_l X_{lt}. \quad (12)$$

$(t \in T)$

7. На повернення частини кредиту:

$$V_{t+1} \geq V_t - d_{3t}. \quad (13)$$

$(t \in T)$

8. За грошовими доходами  $v$ -го року:

$$P_v = \sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^v (D_l - W_l) \left( \sum_{t=1}^T X_{lt} - S_{lq} \right) + d_{4,v-1}, \quad (14)$$

де  $P_v$  — грошовий дохід  $v$ -го року, отриманий внаслідок протиерозійної меліорації, грн;  $d_{4,v-1}$  — залишок грошових коштів  $T$ -го року.

9. По руху грошових коштів після меліоративного періоду:

$$P_v = d_{4,v-1} + d_{4v}. \quad (15)$$

$(v \in N)$

10. Умови невід'ємності змінних:

$$X_{lt} \geq 0; \quad S_{lv} \geq 0 \quad (16).$$

$(l \in L; \quad t \in T; \quad v \in N)$

Критерій оптимальності (4) — (6) з обмеженнями (7) — (16) є економіко-математичною моделлю використання власних, позичених і державних коштів для збереження родючості ґрунтів за рахунок протиерозійної меліорації. Обмеження (7) описує процес виконання робіт з меліорації еродованих ділянок землі. Кожна ділянка може бути меліорованою за плановий період  $T$ .

Як критерій оптимальності вибрано максимізацію приросту товарної продукції (4). Такий підхід доцільний, оскільки населення країни ще не повністю забезпечене продуктами харчування. Рационально також використовувати як критерій оптимальності максимізацію прибутку (5), який є джерелом реінвестування.

Застосування математичного моделювання значно підвищує якість планування функціонування та розвитку економічних сільськогосподарських систем. Модель (4) — (16) можна включити до бази економіко-математичних моделей відповідних інформаційних систем. Проведення багатоваріантних розрахунків за різ-



них обсягів наявних коштів уможливить вибір оптимального (раціонального) плану розвитку керованої системи.

### **Література**

1. *Вернадский В.И.* Биосфера как область превращения космической энергии. Избр.соч. / В. И. Вернадский. — М. : АН СССР, 1960. — Т. 5. — 422 с.
2. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві : наук. монографія / М. К. Шикуча, С. С. Антоненко, В. О. Андрієнко [та ін.]. — К. : Оранта, 1998. — 678 с.
3. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е. Г. Дегодюк, В. Ф. Сайко, М. С. Корнійчук [та ін.]. — К. : Урожай, 1992. — 318 с.
4. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів / [Б.С. Носко, Б.С. Прістер, М.В. Лобода та ін. ; За ред. Б.С. Носка, Б.С. Прістера, М.В. Лободи]. — К. : Урожай, 1994. — 334 с.
5. Земельні ресурси України / [за ред. В. В. Медведєва, Т. М. Лактіонової]. — К. : Аграрна наука, 1998. — 150 с.
6. *Гавриш С.* Земля чекає захисту / С. Гавриш, М. Зубець, Л. Новаківський // Голос України. — 2003. — № 88 (3088). — 15.05.; № 89 (3089). — 16.05.
7. *Ковда В.А.* Почвенный покров, земледелие и мелиорация / В. А. Ковда. — Пушкино, 1985. — 25 с.
8. *Курочкин С.И.* Новое в обработке почвы (почвозащитный аспект) / С. И. Курочкин // Новое в жизни, науке, технике. — 1987. — № 6. — 64 с. — (Серия «Сельское хоз-во»).
9. *Миланова Е.В.* Географические аспекты охраны природы / Е. В. Миланова, А. М. Рябчиков. — М.: Мысль, 1979. — 293 с.
10. *Наконечный С.И.* Погодний ризик АПК: адаптивне моделювання, економічне зростання та прогнозування / Наконечний С.І., Савіна С.С. — К: ДЕМІУР, 1998. — 186 с.
11. *Нелеп В.М.* Планування на аграрному підприємстві : підручник / В. М. Нелеп. — К. : КНЕУ, 2000. — 372 с.
12. *Огінський А.М.* Національна система сільського господарства: вступ до загальної теорії і практики державного управління / А. М. Огінський. — К.: ІАЕ, 1999. — 365 с.
13. Охорона ґрунтів : навч. посібник / [М.К. Шикуча, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик]. — К. : Знання, 2001. — 398 с.
14. *Подолінський С.А.* Вибр. тв. / [упоряд. Л. Я. Корнійчук]. — К. : КНЕУ, 2000. — 328 с.
15. *Прянишников Д.Н.* Агрехимия / Д. Н. Прянишников. — М. : Сельхозгиз, 1940. — 644 с.
16. Родючість ґрунтів: моніторинг і управління / [за ред. В. В. Медведєва]. — К. : Урожай, 1992. — 245 с.

17. Родючість земель і продовольча безпека / [П.А. Лайко, М.Ф. Бабієнко, О.І. Гойчук, Є.А. Бузовський] // Економіка АПК. — 2005. — № 10. — С.7-14.
18. Руденко М.Д. Енергія прогресу: Нариси з фізичної економії / М. Д. Руденко. — К. : Молодь, 1998. — 528 с.
19. Сайко В.Ф. Землеробство на шляху переходу до ринку / В. Ф. Сайко. — К. : Ін-т землеробства УААН України, 1997. — 49 с.
20. Стат. щорічник України за 2000 рік / [за ред. О. Г. Осауленка]. — К. : Техніка, 2001. — 598 с.
21. Ткач О.В. Економіко-математична оцінка приросту площ еродованих ділянок / О. В. Ткач // Економіка АПК. — 2002. — № 11. — С. 39-45.
22. Трегобчук В.М. Концептуальні основи сталого та екологічнобезпечного розвитку національного АПК / В. М. Трегобчук // Проблеми сталого розвитку України : зб. наук. статей. — К.: БМТ, 1998. — С. 93-106.