

Фартушний І. Д.
канд. фіз.-мат. наук, доцент
ORCID ID: 0000-0003-1595-9495

Черепинець В. М.
ORCID ID: 0000-0002-2436-9246

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РИНКУ ЗЕМЛІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УКРАЇНІ

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING OF THE AGRICULTURAL LAND MARKET IN UKRAINE

У статті розглянуто проблему, яка пов'язана із завершенням земельної реформи та повноцінним впровадженням ринку землі сільськогосподарського призначення в Україні. На сьогодні питання землі є одним з найбільш важливих і складних у аграрній політиці України, досі немає єдності стосовно бачення сутності ринку землі. Мораторій на купівлю та продаж земель сільськогосподарського призначення викривлює саму суть приватної власності на землю, адже власник не має змоги використовувати землю ефективно, залучати інвестиції, передавати в заставу. Ця заборона робить неможливим перехід земель сільськогосподарського призначення до ефективного господаря. Ця проблема у науковому плані повинна бути обґрунтована з усіх сторін, а її розв'язання помітно прискорить зростання добробуту всієї країни. Відміна заборони на продаж та купівлю земельних ділянок, визнання землі капіталом, що приносить дохід, стане можливим після детального вивчення існуючого стану всіх земель та прогнозу соціально-економічних наслідків впровадження ринку землі. Мета даної роботи полягає у аналізі структури ринку землі та земельних відносин, побудові економіко-математичної моделі функціонування ринку землі сільськогосподарського призначення, за допомогою якої можна оцінити наслідки відміни мораторію та спрогнозувати динаміку доходів основних учасників ринку землі, перерозподіл площ земельних ділянок сільськогосподарського призначення, формування та динаміку цін на землю під впливом процесів попиту та пропозиції. Предметом дослідження виступає методологія, методи та шляхи формування, становлення, розвитку та регулювання ринку землі сільськогосподарського призначення в сучасних умовах. У роботі було проаналізовано аграрну сферу України у якій зараз існує багато проблем через недоцільні та економічно неправильні процеси роздержавлення та приватизації сільськогосподарських земель. Виявлено основні фактори впливу на ринок земель сільськогосподарського призначення, зокрема на вартість земельних ділянок. Досліджено та узагальнено нагромаджений вітчизняний та зарубіжний досвід стосовно оцінювання вартості земельних ділянок, становлення та розвитку ринку землі сільськогосподарського призначення. Обґрунтовано основні категорії населення, які беруть участь у формуванні та функціонуванні ринку сільськогосподарських земель. В контексті зроблених припущень було побудовано динамічну модель ринку сільськогосподарських земель. Впровадження ринку сільськогосподарських земель та їх ефективне використання не лише забезпечить раціональне використання земель та підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, але і забезпечить розвиток економіки країни загалом.

Ключові слова: ринок землі, динамічна модель, оцінка, ринкова вартість, земельна ділянка, економіко-математичне моделювання.

The article considers the problem of completion of land reform and full implementation of the agricultural land market in Ukraine. The land issue is one of the most controversial and difficult in modern agricultural policy of Ukraine, there is still no unanimity on the vision of the essence of the land market. The moratorium on the purchase and sale of agricultural land distorts the essence of private land ownership, as the owner cannot effectively use the land, attract loans and investments, pledge, it is impossible to transfer land to an efficient owner. This problem must be scientifically substantiated on all sides, and its solution will accelerate the growth of the welfare of the whole country. The lifting of the moratorium, the ability to sell and buy land, and the recognition of land as income-generating capital will be more useful only after a detailed study of the current state of all land and a forecast of the socio-economic consequences of land market implementation. The purpose of this work is to analyze the structure and relationships of the agricultural land market and build on the basis of theoretical information economic and mathematical model of the agricultural land market, which will assess the consequences of lifting the moratorium on purchase and sale of agricultural land, will predict in quantitative terms dynamics of incomes of the main groups of land market participants, redistribution of agricultural land areas, formation and dynamics of land prices under the influence of supply and demand processes. The subject of the study is the methodology, methods and ways of formation, formation, development and regulation of the agricultural land market in modern conditions. The paper analyzes the agricultural sector of Ukraine, which now has many problems due to inexpedient and economically incorrect processes of privatization and privatization of agricultural land. The main factors influencing the market of agricultural lands, in particular the value of land plots, have been identified. The accumulated domestic and foreign experience in estimating the value of land plots, formation and development of the agricultural land market is studied and generalized. The main categories of the population that participate in the formation and functioning of the agricultural land market are substantiated. In the context of the assumptions made, a dynamic model of the agricultural land market was built. The introduction of the agricultural land market and their efficient use will not only ensure the rational use of land and increase the efficiency of agricultural production, but also ensure the development of the country's economy as a whole.

Keywords: land market, dynamic model, estimation, market value, land plot, economic-mathematical modeling.

Вступ. Опираючись на світовий досвід становлення земельних відносин та ринку землі, можна побачити, що впровадження ринку землі сільськогосподарського призначення сприяє ефективнішому використанню сільськогосподарських земель, забезпечує зростання сільськогосподарського виробництва та розвиток економіки в цілому.

Методики визначення ринкової вартості землі сільськогосподарського призначення, які існують на сьогодні, підходять економікам країн, де ринок землі вже сформований та функціонує, і не підходять для умов за яких більшість земельних операцій знаходиться в тіні, а становлення ринку землі тільки починається.

Процеси становлення та функціонування ринку земель сільськогосподарського призначення є складними та різнобічними. Вони мають значний вплив на динаміку соціально-економічних явищ та тісно пов'язані з різними процесами, які існують в економічних системах. Обсяг торгівлі землею, визначення ринкової вартості земель сільськогосподарського призначення, орендної плати за землю мають тісний зв'язок з попитом та

пропозицією на земельні ділянки, екологічними умовами та з багатьма іншими недостатньо вивченими факторами, які необхідно дослідити.

Багато вітчизняних та зарубіжних авторів досліджували особливості становлення ринку землі та земельних відносин, серед них О.І. Шкуратов [1], В.С. Григорків [2], О.І. Гуторов [3], В.Я. Мессель-Веселяк [4], Д.А. Міщенко [5], П.Т. Саблук [6], М.М. Федоров [7].

Постановка завдання. Економічною постановкою завдання є аналіз структури ринку сільськогосподарських земель та земельних відносин, побудова економіко-математичної моделі функціонування ринку землі сільськогосподарського призначення.

Розроблення та побудова моделі вартості землі на основі реальних ринкових умов необхідне для багатьох суб'єктів ринку. Перехід до оцінки ринкової вартості та застосування цієї оцінки як бази оподаткування може істотно збільшити надходження до бюджету.

Тому виникає задача побудувати економіко-математичну модель функціонування ринку землі сільськогосподарського призначення, яка дасть змогу визначити особливості формування ціни на земельні ділянки під впливом процесів попиту та пропозиції та динаміку заощаджень основних груп землевласників.

Методологія. Теоретичною та методологічною основою дослідження послужили діалектичний метод пізнання економічних категорій, явищ та процесів, загальнотеоретичні та методологічні положення, що були розроблені в працях вітчизняних та зарубіжних вчених з досліджуваної проблеми. В роботі використовувались методи узагальнення вітчизняного та зарубіжного досвіду, на основі ретроспективного, порівняльного аналізу, а також методи наукової абстракції, синтезу, монографічний, системного аналізу, графічний, статистико-економічний, експертний, економіко-математичний.

Результати дослідження. Ринок землі сільськогосподарського призначення є особливою системою взаємовідносин між економічними суб'єктами, які бажають отримати земельні ресурси у володіння або користування або є власниками землі.

Зробимо припущення, що власниками земель сільськогосподарського призначення є наступні категорії осіб:

- власники паїв селяни пенсіонери (n_1), які продають свої землі або здають їх в оренду, але будемо вважати, що ця категорія самостійно землю не обробляє;
- власники паїв працездатного віку (n_2), які можуть самостійно обробляти свої земельні ділянки або ж продавати їх;
- власники середніх фермерських господарств (n_3);
- власники великих фермерських господарств (n_4).

Для побудови динамічної моделі опишемо основні змінні та функції, які надалі будемо використовувати у рівняннях;

- y_i , ($i = \overline{1, n}$) – прибуток (заощадження) власників землі, залежить на кожному наступному кроці від різниці доходів та витрат;

- $v_i, (i = \overline{1,4})$ – площа земельних ділянок сільськогосподарського призначення, які знаходяться у володінні i -тої групи;
- s_1 – пенсія пенсіонерів, що не працюють (грош. од.);
- s_2 – заробітна плата найманих робітників (кількість робітників n_5);
- k_0 – ставка податку з доходу, яку сплачують наймані робітники;
- k_1 – ставка податку на землю, яку сплачують власники землі;
- k_2 – ставка податку на додану вартість;
- $\alpha_i (i = \overline{1,4})$ – частина доходу, що витрачається на споживання аграрного продукту;
- γ_i – частина доходу, яку витрачають власники землі, окрім пенсіонерів, на виробничі потреби;
- $Q_a \left(\frac{\alpha_i y_i}{p_a} \right), (i = \overline{1,4})$ – функція попиту на сільськогосподарський продукт, де p_a – ціна сільськогосподарського продукту;
- $F \left(\frac{\gamma_i y_i}{v p_a} \right), (i = \overline{2,4})$ – виробнича функція, що описує кількість продукту, який був вироблений власником землі на одиниці площі оброблюваних земельних угідь.

Після впровадження ринку землі власники земель сільськогосподарського призначення будуть купувати та продавати земельні ділянки. Тому припустимо, що:

- p_v – вартість одиниці площі землі сільськогосподарського призначення;
- $\mu_i (i = \overline{1,4})$ – частина прибутку, яку витрачає землевласник i -тої групи на придбання земельних ділянок сільськогосподарського призначення;
- $\varepsilon_i (i = \overline{1,4})$ – частина землі сільськогосподарського призначення, яку землевласник i -тої групи виділяє у продаж;
- $Q_v \left(\frac{\mu_i y_i}{p_v} \right)$ – функція попиту на землю сільськогосподарського призначення i -го власника;
- $G_v(\varepsilon_i v_i)$ – функція пропозиції землі сільськогосподарського призначення i -го власника.

Заощадження вище зазначених груп власників землі сільськогосподарського призначення розподіляються в частках так:

$$\begin{aligned} \alpha_1 + \mu_1 &\leq 1, \\ \alpha_i + \gamma_i + \mu_i &\leq 1, (i = \overline{2,4}). \end{aligned}$$

Площі земельних ділянок сільськогосподарського призначення є динамічними змінними, тому що в кожний наступний момент часу вони будуть змінюватись пропорційно попиту та пропозиції окремих власників, для кожного власника землі сільськогосподарського призначення середній приріст площ у часі залежить від різниці між попитом і пропозицією.

Опираючись на це припущення отримаємо диференціальне рівняння вигляду:

$$\frac{dv_i}{dt} = \omega_i \left(Q_v \left(\frac{\mu_i y_i}{p_v} \right) - G_v(\varepsilon_i v_i) \right), i = \overline{1,4},$$

де $\omega_i (i = \overline{1,4})$ – коефіцієнт, який відображає інерційність ринку землі.

Рівняння динаміки прибутку основних груп власників землі сільськогосподарського призначення та рівняння для ціни землі будуються аналогічно.

Заощадження селян, власників паїв складається з пенсії s_1 , коштів від проданої частки землі та орендної плати за землю, а витрати пов'язані із споживанням сільськогосподарського продукту та видатками, які виділені на купівлю землі. Отже, рівняння має вигляд:

$$\frac{dy_1}{dt} = s_1 + p_v G_v(\varepsilon_1 v_1) + R p_a \left(\frac{d_3 v_1}{n_3} F_a \left(\frac{\gamma_3 y_3}{(v_3 + v_3^*) p_a} \right) + \frac{d_4 v_1}{n_4} F_a \left(\frac{\gamma_4 y_4}{(v_4 + v_4^*) p_a} \right) \right) - p_a Q_a \left(\frac{\alpha_1 y_1}{p_a} \right) - p_v Q_v \left(\frac{\mu_1 y_1}{p_v} \right),$$

де R – плату за орендовану землю; d_i – коефіцієнт, що показує розподіл орендованої землі між середніми та великими власниками:

$$d_i = \frac{n_i \gamma_i y_i}{n_3 \gamma_3 y_3 + n_4 \gamma_4 y_4}, \quad i = 3, 4,$$

$$d_3 + d_4 = 1,$$

$$v_3^* = \frac{d_3 n_1 v_1}{n_3}, \quad v_4^* = \frac{d_4 n_1 v_1}{n_4}.$$

Дохід одноосібних власників землі складається з коштів від продажу виробленої продукції с/г та продажу частини землі, а витрати пов'язані із споживанням сільськогосподарського продукту, сплату податку на землю, купівля землі, витратами на обробіток землі. Отже, рівняння має вигляд:

$$\frac{dy_2}{dt} = \frac{D_2}{n_2} + p_a \sum_{i=1}^4 n_i Q_a \left(\frac{\alpha_i y_i}{p_a} \right) + p_v G_v(\varepsilon_2 v_2) - p_a Q_a \left(\frac{\alpha_2 y_2}{p_a} \right) - p_v Q_v \left(\frac{\mu_2 y_2}{p_v} \right) - k_1 p_v v_2 - (k_2 + \lambda_2) p_a v_2 F_a \left(\frac{\gamma_2 y_2}{v_2 p_a} \right),$$

де λ_2 – часина виробничих витрат; D_2 - коефіцієнт розподілу ринку збуту с/г продукту між власниками землі:

$$D_i = \frac{n_i \gamma_i y_i}{\sum_{i=2}^4 n_i \gamma_i y_i}, \quad i = \overline{2, 4}.$$

Прибуток середніх фермерських господарств також залежить від різниці між їх доходами й видатками. Дохід складається з виробництва с/г продукції та коштів від продажу землі. Витратами є виробничі витрати на обробку землі, кошти на придбання землі, зарплата найманим працівникам, податок за землю, податок на додану вартість, на частку орендну плату. Отже, рівняння має вигляд:

$$\frac{dy_3}{dt} = \frac{D_3}{n_3} + p_a \sum_{i=1}^4 n_i Q_a \left(\frac{\alpha_i y_i}{p_a} \right) + p_v G_v(\varepsilon_3 v_3) - p_a Q_a \left(\frac{\alpha_3 y_3}{p_a} \right) - p_v Q_v \left(\frac{\mu_3 y_3}{p_v} \right) - d_3 \frac{n_5 s_5 (1 + k_0)}{n_3} - k_1 p_v (v_3^* + v_3) - (k_2 + \lambda_3) p_a (v_3^* + v_3) F_a \left(\frac{\gamma_3 y_3}{(v_3^* + v_3) p_a} \right) - R p_a \frac{d_3 v_1}{n_3} F_a \left(\frac{\gamma_3 y_3}{(v_3^* + v_3) p_a} \right).$$

Рівняння прибутку великих власників землі аналогічно має вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{dy_4}{dt} = & \frac{D_4}{n_4} + p_a \sum_{i=1}^4 n_i Q_a \left(\frac{\alpha_i y_i}{p_a} \right) + p_v G_v(\varepsilon_4 v_4) - p_a Q_a \left(\frac{\alpha_4 y_4}{p_a} \right) - p_v Q_v \left(\frac{\mu_4 y_4}{p_v} \right) - \\ & - d_4 \frac{n_5 s_5 (1 + k_0)}{n_4} - k_1 p_v (v_4^* + v_4) - (k_2 + \lambda_4) p_a (v_4^* + v_4) F_a \left(\frac{\gamma_4 y_4}{(v_4^* + v_4) p_a} \right) - \\ & - R p_a \frac{d_4 v_1}{n_4} F_a \left(\frac{\gamma_4 y_4}{(v_4^* + v_4) p_a} \right). \end{aligned}$$

Зміна ціни на сільськогосподарський продукт залежить від різниці між обсягами його попиту та пропозиції:

$$\frac{dp_a}{dt} = w_a \left\{ \sum_{i=1}^4 n_i Q_a \left(\frac{\alpha_i y_i}{p_a} \right) + E - n_2 v_2 F_a \left(\frac{\gamma_2 y_2}{v_2 p_a} \right) - \sum_{i=3}^4 n_i (v_i^* + v_i) F_a \left(\frac{\gamma_i y_i}{(v_i^* + v_i) p_a} \right) \right\},$$

де w_a - коефіцієнт інерційності.

Зміна ціни землі сільськогосподарського призначення залежить від різниці між обсягами її купівлі та продажу, між дохідністю землі і витратами на організацію виробничого процесу:

$$\begin{aligned} \frac{dp_v}{dt} = & w_v \sum_{i=1}^4 n_i \left[G_v(\varepsilon_i v_i) - Q_v \left(\frac{\mu_i y_i}{p_a} \right) \right] + \\ & + w_r \left\{ n_2 v_2 F_a \left(\frac{\gamma_2 y_2}{v_2 p_a} \right) + \sum_{i=3}^4 n_i (v_i^* + v_i) F_a \left(\frac{\gamma_i y_i}{(v_i^* + v_i) p_a} \right) - (k_2 + \lambda_2) p_a v_2 F_a \left(\frac{\gamma_2 y_2}{v_2 p_a} \right) \right. \\ & \left. - \sum_{i=3}^4 [k_2 + \lambda_i] p_a (v_i + v_i^*) F_a \left(\frac{\gamma_i y_i}{(v_i^* + v_i) p_a} \right) - k_1 p_v v_2 - \sum_{i=3}^4 k_1 p_v (v_i^* + v_i) \right\}, \end{aligned}$$

де, w_v, w_r - коефіцієнти інерційності ринку.

Метою всіх учасників ринку землі є максимізація прибутків. Тому будемо вважати цільовою функцією моделювання прибутки всіх власників земель сільськогосподарського призначення. Маємо цільову функцію у вигляді:

$$I = \int_0^T (y_1(t) + y_2(t) + y_3(t) + y_4(t)) dt \rightarrow \max.$$

Побудована динамічна модель ринку землі є системою звичайних диференціальних рівнянь і має єдиний розв'язок за початкових умов:

$$\begin{aligned} y_i(0) = y_i^{(0)} (i = \overline{1,4}), \quad v_i(0) = v_i^{(0)} (i = \overline{1,4}), \\ p_a(0) = p_a^{(0)} (i = \overline{1,4}), \quad p_v(0) = p_v^{(0)} (i = \overline{1,4}). \end{aligned}$$

Програмне забезпечення цієї моделі розроблено на основі системи обчислень Matlab. Параметри моделі було встановлено за статистичними даними, на основі експертних оцінок та імітаційних експериментів.

На рисунку показано графік розв'язку моделі, який імітує динаміку зміни ціни землі сільськогосподарського призначення.

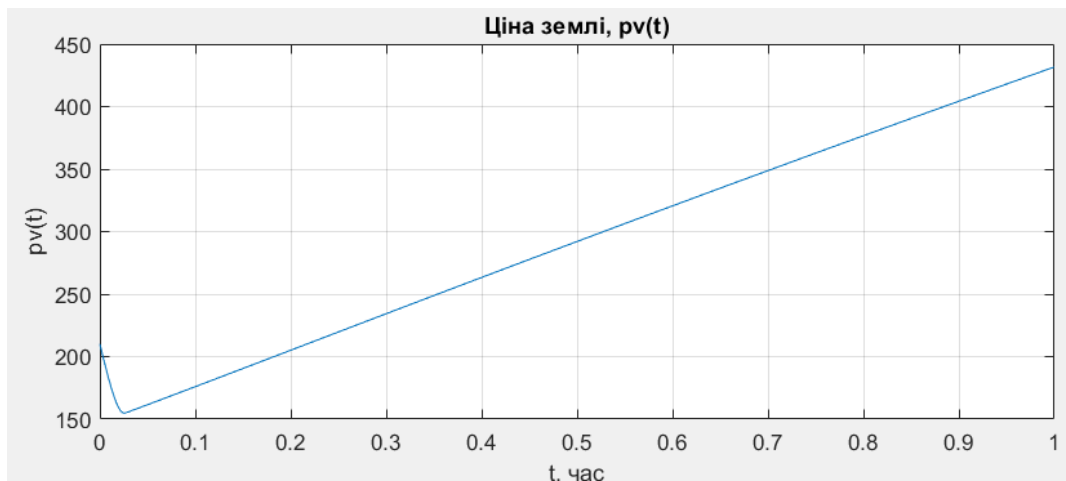


Рисунок – Графік розв'язку $p_v(t)$ моделі, який імітує динаміку ціни землі сільськогосподарського призначення

Такий результат, пояснюється тим, що після відкриття ринку на продаж буде виставлено більше 4 млн. га. Велика кількість пропозиції при умові неготовності більшості потенційних покупців інвестувати у купівлю землі на першому етапі становлення ринку створить надлишок, що перевищить попит. Тому ціни в цей період будуть падати. Прогнозна вартість 1 га землі буде складати 1500 – 1800\$. В наступні роки, ринок почне поступово вирівнюватись, кількість пропозиції зменшиться, відповідно почне рости ціна угідь.

Висновки. Наукова новизна дослідження полягає у розробці методики визначення ринкової вартості землі сільськогосподарського призначення та методології прогнозування ситуації на земельному ринку, з можливістю внесення подальших коректив.

Головним результатом дослідження є розроблення економіко-математичної моделі ринку землі сільськогосподарського призначення, яка має можливість спрогнозувати розвиток ринку сільськогосподарських земель, процеси та явища, що пов'язанні з ним на певному часовому інтервалі. Модель дає змогу отримати у кількісному вимірі динаміку зміни ціни на земельні ділянки сільськогосподарського призначення та ціни на сільськогосподарський продукт, розмірів площ земельних угідь та обсяг прибутку для кожної групи власників землі.

Теоретична значимість дослідження полягає у тому, що воно показало необхідність створення інфраструктури ринку землі сільськогосподарського призначення, удосконалення методики вартісної оцінки землі, заснованій на реальних ринкових умовах.

Практична значимість роботи визначається тим, що використання розроблених в ній положень, висновків і рекомендацій можуть слугувати наближенням при визначенні прибутку власників земель сільськогосподарського призначення, ставки податку на землю, а також можуть бути враховані при розробці державних програм щодо підтримки діяльності аграрного сектору.

Отже, все вище викладене дозволяє стверджувати, що розроблена модель дає можливість прогнозувати функціонування ринку землі

сільськогосподарського призначення в майбутньому. Опираючись на проведений аналіз результатів обчислення моделі та співставлення їх з динамікою реальних значень, можна зробити висновок про її адекватність, що говорить про можливість застосування побудованої моделі для прогнозування ймовірних економічних явищ.

Література:

1. Добряк Д. С., Шкуратов О. І. Формування і розвиток ринкових земельних відносин на теренах України. Збалансоване природокористування. 2018. № 1. С. 6–17.
2. Григорків В.С., Буяк Л.М., Іщенко С.В. Моделювання економічної динаміки з урахуванням ринку землі сільськогосподарського призначення. Чернівці: ЧНУ, 2015. 264 с.
3. Гуторов О. І. Оцінка земельних ресурсів та ефективності інвестицій: монографія. Харків, 2006. 368 с.
4. Месель-Веселяк В. Я. Реформування аграрного сектора економіки України (здобутки, проблеми, вирішення). Вісник економічної науки України. 2010. № 2 (18). С. 205-211.
5. Міщенко Д. А., Месель-Веселяк В. Я., Федоров М. М. Теоретичні засади формування механізму розвитку аграрного сектору економіки України. Інвестиції: практика та досвід. 2011. № 22. С. 134- 136.
6. Саблук П. Т. Аграрна реформа в Україні (здобутки, проблеми і шляхи вирішення). Економіка АПК. 2009. № 12. С. 3-13.
7. Федоров М. М. Особливості формування ринку земель. Економіка АПК . 2007. № 5. С. 73-78.