

Ю.М. Гальчинська, к.е.н., доцент,
<https://orcid.org/0000-0003-4260-3072>
Національний університет біоресурсів
і природокористування України, м. Київ

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІОМАСИ ЯК ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Анотація

У статті розглянуто методику прогнозування енергетичного потенціалу біомаси в аграрному секторі України. З'ясовано, що при короткостроковому прогнозуванні і зміні зовнішніх умов найбільш ефективними є адаптивні моделі, що враховують нерівноцінність рівнів часового ряду. Визначено перспективи розвитку біоенергетики на основі прогнозування пропозиції різних видів біомаси. Доведено високу імовірність зростання енергетичного потенціалу деревної біомаси, біомаси первинних відходів рослинництва (солома та стебла), енергетичного потенціалу обрізків плодкових дерев, відходів переробної промисловості. Виявлено відсутність зростання (за оптимістичним сценарієм) та навіть зниження енергетичного потенціалу біомаси з гною внаслідок скорочення поголів'я ВРХ. Доведено, що найбільш стрімке зростання біоенергетичного потенціалу очікується в секторі вирощування енергетичних рослин та кукурудзи на силос.

Ключові слова: прогнозування, адаптивна модель, біоенергетика, розвиток, біомаса, енергетичний потенціал.

Julia Galchynska, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
<https://orcid.org/0000-0003-4260-3072>
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kiev

BIOMASS ENERGY POTENTIAL FORECASTING AS A PRELIMINARY DEVELOPMENT OF BIOENERGY IN UKRAINE

Summary

The urgency of studying the current state of the bioenergy industry and predicting its development for the future is explained by the fact that bioenergy has a significant weight in the energy supply of economic systems in developed countries. In addition, its share in providing energy needs continues to grow. This is the leading trend in the world and in Ukraine. Developed countries are now characterized by the fact that a significant part of energy needs provides for the search and use of renewable energy sources, among which there is a new direction -

production of biofuels and biomass is becoming a major development. In this case, energy security directly affects the processes of functioning of the national economy, therefore, it is the focus of many researchers. Ukraine's bioenergy market is at an early stage in its development. Therefore, not only the study of existing demand and supply on the bioenergy market is relevant, but also forecasting the potential of their development. To predict the energy potential of biomass in the agrarian sector of Ukraine, we use adaptive forecasting models which are able to adapt quickly their structure and parameters to changing conditions. The prospects of bioenergy market development on the basis of prediction of supply of different types of biomass are determined; opportunities for bioenergy development in Ukraine are analyzed. On the basis of the conducted forecasting, the growth of the energy potential of wood biomass, biomass of primary plant production wastes (straw and stalk), energy potential of fruit tree trunks and waste from the processing industry has been proved. There was a lack of growth (in an optimistic scenario) and even a reduction in the energy potential of biomass (in a pessimistic scenario) with manure due to the reduction of cattle population. It is also proved that significant growth of bioenergy potential is expected in the sector of growing energy plants and maize on silage.

The forecasting allows to determine the ways of development of the bioenergy market, to allocate further target segments and to use the marketing tools of influence on manufacturers and potential consumers of biofuels to increase demand.

Keywords: forecasting, adaptive model, bioenergy, development, biomass, energy potential.

Постановка проблеми. Однією з ознак ефективного функціонування економіки будь-якої країни у світі є оптимальне забезпечення її потреб енергетичними ресурсами. Розвинені країни наразі характеризуються тим, що значну частину енергетичних потреб забезпечує пошук і використання відновлюваних джерел енергії, серед яких значного розвитку набуває новий напрям – виробництво біопалива та енергії з біомаси. При цьому енергетична безпека є найважливішою складовою національної безпеки, яка впливає на процеси функціонування національного господарства, тому вона є в центрі уваги багатьох дослідників. Біоенергетичний ринок України знаходиться на початковому етапі свого розвитку, він ненасичений, і правила гри не сформовані остаточно. Тому актуальним є не лише вивчення існуючого попиту і пропозиції на біоенергетичному ринку, але й прогнозування потенціалу їхнього розвитку.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Значний внесок у вивчення теоретичних та прикладних аспектів прогнозування розвитку біоенергетики та біоенергетичного ринку зробили вітчизняні та зарубіжні вчені, серед яких: В. Бондар [8], Г. Гелетуша [1], В. Дубровін, Т. Железна [2], Г. Калетнік [3], М. Талавира, О. Макачук [4], О. Охріменко, В. Савчук, А. Фурса [8] та інші. Проте, незважаючи на значну кількість публікацій із даної проблематики, питання прогнозування

потенціалу біомаси, перспектив зростання біоенергетичного ринку, важелів та механізмів його подальшого розвитку залишається відкритим.

Виклад основного матеріалу. Основою прогнозування потенціалу біомаси та відповідно подальшого розвитку біоенергетики в Україні є кількісні методи, що дають змогу на основі даних попередніх періодів та їх взаємозв'язків одержати точніший прогноз та оцінити його достовірність.

При короткостроковому прогнозуванні, а також при прогнозуванні в ситуації зміни зовнішніх умов, коли важливими є останні роки досліджуваного процесу, найбільш ефективними виявляються адаптивні методи, що враховують нерівноцінність рівнів часового ряду.

Адаптивні моделі прогнозування – це моделі, здатні швидко пристосовувати свою структуру і параметри до зміни умов. Інструментом прогнозу в адаптивних моделях, як і в кривих зростання, є математична модель з єдиним фактором – час.

При оцінці параметрів адаптивних моделей спостереженнями (рівнями ряду) присвоюються різні ваги залежно від того, наскільки сильним визнається їхній вплив на поточний рівень. Це дозволяє враховувати зміни в тенденції, а також будь-які коливання, в яких простежується закономірність.

Для прогнозування за адаптивним методом використовується модель, параметри якої визначаються у процесі її побудови [7]. Попередня оцінка параметрів цієї моделі базується на даних вихідного динамічного ряду за методом експоненціального вирівнювання. На основі нових даних, які ми отримуємо на кожному наступному кроці, проводиться корекція параметрів моделі у часі, тобто їх адаптація до нових, що неперервно змінюються, умов розвитку процесу. Експоненціальне вирівнювання ряду виконується за рекурентною формулою

$$S_t = \alpha x_t + \beta S_{t-1}, \quad (1)$$

де S_t – значення експоненціальної середньої в момент часу t ;

α – параметр (постійна) вирівнювання, $\alpha = \text{const}$, $0 < \alpha < 1$; $\beta = 1 - \alpha$.

Вибір величини параметра вирівнювання α зумовлюється умовами, за якими ця величина приймає значення, близькі то одному, то другому граничному значенню. Ця величина характеризує швидкість реакції моделі на зміну рівня процесу, але одночасно визначає і здатність вирівнювати випадкові коливання. Тому величині α слід надавати те чи те значення з проміжку $(0,1)$ залежно від конкретних властивостей динамічного ряду. Розробник методу Р. Браун рекомендує надавати α значення в межах від

0,1 до 0,3. Але дослідження Ю. Лукашина [6] довели, що найкраща точність прогнозу може бути отримана за довільним значенням α з проміжку (0,1).

Поняття експоненціальної середньої для динамічного ряду можна узагальнити на випадок експоненціальних середніх більш високого порядку. Експоненціальна середня довільного p -го порядку визначається як:

$$S_t^{[p]} = \alpha S_t^{[p-1]} + \beta S_{t-1}^{[p]}, \quad (2)$$

де $\beta = 1 - \alpha$; $p = 1, 2, \dots, n$; $S_t^{[0]} = Y_t$; $S_0, S_t^{[2]}, S_t^{[3]}, \dots, S_t^{[n]}$ – початкові значення експоненціальних середніх відповідного порядку; x_t – значення рівня ряду в момент часу t . Тут також припускається, що значення коефіцієнтів будуть змінюватися повільно й оцінки цих величин будуть базуватися на останніх спостереженнях Y_t, Y_{t-1}, \dots

Якщо приймається гіпотеза, що тренд деякого процесу є поліном степені n , то метод експоненціального вирівнювання і прогнозування дає можливість визначити коефіцієнти поліному для прогнозу за експоненціальними середніми відповідних порядків.

У загальному випадку приймається гіпотеза, що ряд, який досліджується, є параболою n -го порядку, а прогноз на τ кроків наперед виражається формулою

$$Y_t(\tau) = a_1 + a_2\tau + \frac{1}{2!}a_3\tau^2 + \dots + \frac{1}{n!}a_{n+1}\tau^n, \quad (3)$$

де параметри a_1, a_2, \dots, a_{n+1} необхідно визначити.

Ідея експоненціального прогнозування заснована на тому, що прогноз здійснюється поліномом, який містить $n+1$ членів розкладу процесу Y_t в ряд Тейлора. Якщо ряд має достатньо спостережень, то оцінку коефіцієнтів можна отримати за методом найменших квадратів. Для побудови моделі за методом адаптивного моделювання, як правило, достатньо поліному не вище другого порядку. Нижче наведено формули для визначення коефіцієнтів адаптивних поліноміальних моделей першого і другого порядку.

Адаптивна поліноміальна модель першого порядку: $n = 1$.

Гіпотеза: $Y_t = a_1 + a_2t + \varepsilon_t$.

Експоненціальні середні:

$$S_t = \alpha Y_t + \beta S_{t-1}; \quad (4)$$

$$S_t^{[2]} = \alpha S_t + \beta S_{t-1}^{[2]}. \quad (5)$$

Початкові умови:

$$S_0 = a_{1,0} - \frac{\beta}{\alpha} a_{2,0}; \quad (6)$$

$$S_0^2 = a_{1,0} - \frac{2\beta}{\alpha} a_{2,0}. \quad (7)$$

Оцінка коефіцієнтів:

$$a_{1,T} = 2S_t - S_t^{[2]} \quad (8)$$

$$a_{2,T} = \frac{\alpha}{\beta} (S_t - S_t^{[2]}). \quad (9)$$

Функція прогнозу (рівняння):

$$Y_t(T) = a_{1,T} + \tau a_{2,T}. \quad (10)$$

Адаптивна поліноміальна модель другого порядку: $n = 2$.

Гіпотеза:

$$Y_t = a_1 + a_2 t + \frac{1}{2} a_3 t^2 + \varepsilon_t. \quad (11)$$

Експоненціальні середні:

$$S_t = \alpha Y_t + \beta S_{t-1}; \quad (12)$$

$$S_t^{[2]} = \alpha S_t + \beta S_{t-1}^{[2]}; \quad (13)$$

$$S_t^{[3]} = \alpha S_t^{[2]} + \beta S_{t-1}^{[3]}; \quad (14)$$

Початкові умови:

$$S_0 = a_{1,0} - \frac{\beta}{\alpha} a_{2,0} + \frac{\beta(2-\alpha)}{2\alpha^2} a_{3,0}; \quad (15)$$

$$S_0^{[2]} = a_{1,0} - \frac{2\beta}{\alpha} a_{2,0} + \frac{\beta(3-2\alpha)}{\alpha^2} a_{3,0}; \quad (16)$$

$$S_0^{[3]} = a_{1,0} - \frac{3\beta}{\alpha} a_{2,0} + \frac{3\beta(4-3\alpha)}{2\alpha^2} a_{3,0}. \quad (17)$$

Оцінка коефіцієнтів:

$$a_{1,T} = 3S_t - 3S_t^{[2]} + S_T^{[3]}; \quad (18)$$

$$a_{2,T} = \frac{\alpha}{2\beta^2} [(6 - 5\alpha)S_t - 2(5 - 4\alpha)S_t^{[2]} + (4-3\alpha)S_T^{[3]}; \quad (19)$$

$$a_{3,T} = \frac{\alpha^2}{\beta^2} [S_t - 2S_t^{[2]} + S_t^{[3]}]. \quad (20)$$

Функція прогнозу (рівняння):

$$Y_{\tau}(T) = a_{1,T} + \tau a_{2,T} + \frac{1}{2} \tau^2 a_{3,T}. \quad (21)$$

Дисперсія прогнозу за поліноміальною моделлю першого порядку пропорційна періоду прогнозування

$$D(X_{\tau}) = (1.25\alpha_1 + \alpha_1^2 \tau) \sigma_{\varepsilon}^2, \quad (22)$$

а для поліноміальних моделей другого порядку дисперсія є поліномом другого порядку від τ :

$$D(X_{\tau}) = (2\alpha_1 + 3\alpha_1^2 \tau + 3\alpha_1^3 \tau^2) \sigma_{\varepsilon}^2. \quad (23)$$

Тут α_1 – еквівалентна постійна вирівнювання, яка дорівнює $\alpha_1 = 1 - \beta^n$ ($n = 1, 2$), σ_{ε}^2 – залишкова дисперсія.

Практичне застосування методу адаптивного моделювання покажемо на прикладі прогнозу економічного потенціалу деревної біомаси. Адаптивна модель на першому кроці за початковими значеннями рівняння тренду має вигляд

$$P(t) = 2799,68 + 35,08t + \frac{1}{2} \cdot 17,57t^2 \quad (24)$$

Фактичне значення енергетичного потенціалу деревної біомаси – 2783,56 тис. т н.е.; прогнозне значення за наведеною вище моделлю – 2843,55; різниця – -59,99.

На другому кроці розрахунку маємо модель

$$P(t) = 2885,52 + 48,24t + \frac{1}{2} \cdot 17,66t^2 \quad (25)$$

Фактичне значення енергетичного потенціалу деревної біомаси – 2948,99 тис. т н.е.; прогнозне значення за наведеною вище моделлю – 2942,59; різниця – 6,40. Отже, уже на другому кроці модель адаптувалась до нових умов і скоригувала параметри.

На третьому кроці розрахунку маємо модель

$$P(t) = 2994,08 + 61,63t + \frac{1}{2} \cdot 17,75t^2 \quad (26)$$

Фактичне значення енергетичного потенціалу деревної біомаси – 3064,58 тис. т н.е.; прогнозне значення за наведеною вище моделлю – 3064,58; різниця – 0.

На останньому кроці при значенні коефіцієнта вирівнювання $\alpha = 0,1$ отримуємо модель для прогнозу

$$P(t) = 3272,44 + 137,92 t + \frac{1}{2} \cdot 18,67 t^2 \quad (t = 2,3,\dots,8) \quad (27)$$

Дисперсія прогнозу за поліноміальною моделлю другого порядку:

$$\alpha = 0,1;$$

$$\beta = 1 - \alpha = 1 - 0,1 = 0,9$$

Залишкова дисперсія:

$$\delta^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (y - Y_p) = 2996,6 \quad (28)$$

Дисперсія прогнозу для $t=1$

$$D(X_t) = (2 \cdot 0,271 + 3 \cdot 0,271^2 + 3 \cdot 0,271^3) \cdot 2996,6 = 2463 \quad (29)$$

$$\Delta = \sqrt{2463} = 49,63.$$

Нижня межа прогнозу:

$$4119,69 - 49,63 = 4070,06. \quad (30)$$

Верхня межа прогнозу:

$$4119,69 + 49,63 = 4169,32. \quad (31)$$

Результати розрахунку у додатку наведені у табл. та графіку 4.

Застосування адаптивного моделювання здійснено на прикладах динамічних рядів окремих видів відходів сільського господарства та побудови прогнозів економічного потенціалу біомаси (табл.1-8).

Таблиця 1

**Економічний енергетичний потенціал біомаси первинних відходів
рослинництва (солома та стебла)**

Рік	Фактичні значення (y), тис. т н.е.	Розрахункові значення за моделлю (Yp) тис. т н.е.	Різниця (y-Yp)	Коефіцієнти автокореляції	Параметри моделі	
					a ₀	a ₁
2010	8842,22	9774,72	-932,51	-0,40	9272,42	502,30
2011	12035,37	12311,61	-276,24	0,15	11351,52	960,08
2012	10661,40	11786,51	-1125,10	0,00	11160,59	625,92
2013	14364,26	14732,40	-368,14	0,00	13584,49	1147,91
2014	14581,39	15744,41	-1163,01	0,00	14627,07	1117,33
2015	14002,12	15293,68	-1291,56	0,00	14529,16	764,52
2016	15038,86	15828,86	-790,00	0,00	15115,94	712,92
2017	14717,60	15541,64	-824,04	0,00	15053,75	487,89

За даними розрахунків побудуємо адаптивну поліноміальну модель першого порядку:

$$Y_t(t) = 15053,75 + 487,89 t \quad (32)$$

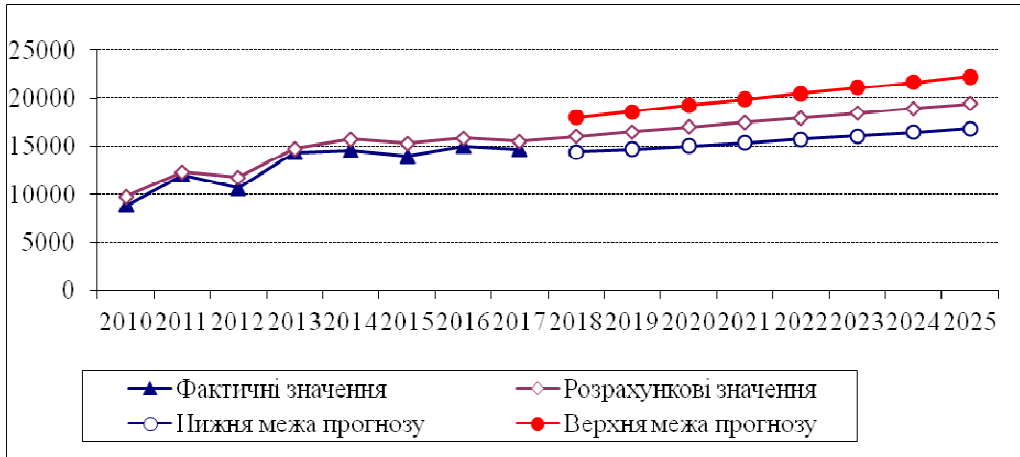


Рис. 1. Графік часового ряду енергетичного потенціалу первинних відходів рослинництва (солома та стебла) і прогноз за моделлю, тис. т н.е.*

*Джерело: побудовано автором.

Графік на рис. 1 свідчить про перспективи помірнього зростання енергетичного потенціалу біомаси соломи жита, пшениці, ячменю, вівса, проса, гречки, гороху, ріпаку, сої, а також стебла кукурудзи та соняшнику. Майже всі вищеперераховані види сировини для виробництва енергії будуть збільшуватися в обсягах, крім соломи вівса, ячменю та проса, що обумовлено зменшенням площ посівів та кількості збору даних культур.

Таблиця 2

Економічний енергетичний потенціал обрізків плодових дерев

Рік	Фактичні значення (y) тис. т н.е.	Розрахункові значення за моделлю (Yp) тис. т н.е.	Різниця (y-Yp)	Коефіцієнти автокореляції	Параметри моделі		
					a ₀	a ₁	a ₂
2010	104,88	104,73	0,16	0,08	106,54	-1,62	-0,38
2011	104,56	101,30	3,26	-0,38	102,86	-1,44	-0,25
2012	102,36	99,20	3,16	0,00	100,43	-1,19	-0,10
2013	99,68	97,26	2,42	0,00	98,23	-0,98	0,02
2014	72,83	77,73	-4,89	0,00	80,15	-2,15	-0,56
2015	67,87	66,15	1,72	0,00	68,92	-2,45	-0,64
2016	63,33	59,05	4,28	0,00	61,63	-2,33	-0,51
2017	61,30	55,95	5,35	0,00	58,00	-1,92	-0,25

**ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ
НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ**

За даними таблиці будуюмо адаптивну поліноміальну модель другого порядку:

$$Y_t(t) = 58,00 - 1,92 t - 0,5 \cdot 0,25 t^2 \quad (32)$$

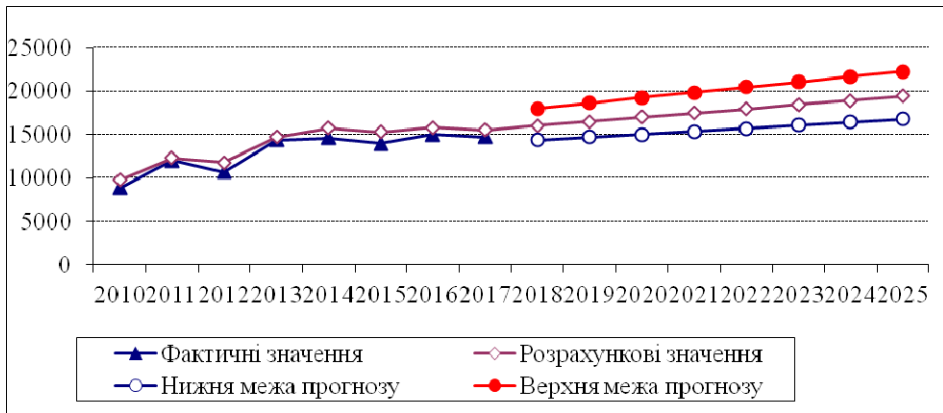


Рис. 2. Графік часового ряду енергетичного потенціалу обрізки плодкових дерев і прогноз за моделлю, тис. т н.е.*

*Джерело: побудовано автором.

Графік рис. 2 свідчить про перспективи помірного зростання енергетичного потенціалу обрізків плодкових дерев за усіма сценаріями розвитку. Отже, виробництво біопалива з біомаси обрізків та викорчуваних багаторічних сільськогосподарських насаджень є перспективним і важливим напрямом для підвищення енергетичної безпеки на місцевому та національному рівнях.

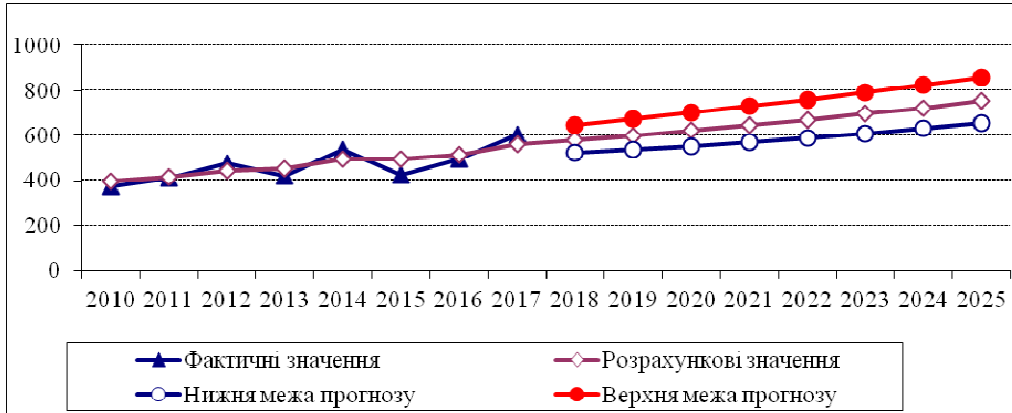
Таблиця 3

Економічний енергетичний потенціал відходів переробної промисловості

Рік	Фактичні значення (y) тис. т н.е.	Розрахункові значення за моделлю (Yp) тис. т н.е.	Різниця (y-Yp)	Коефіцієнти автокореляції	Параметри моделі		
					a ₀	a ₁	a ₂
2010	374,70	397,66	-22,96	-0,46	389,34	7,61	1,41
2011	410,24	413,38	-3,14	-0,06	403,98	8,70	1,41
2012	477,84	445,65	32,19	0,00	434,17	10,74	1,47
2013	419,66	454,56	-34,90	0,00	442,71	11,12	1,44
2014	538,25	495,77	42,48	0,00	481,49	13,52	1,52
2015	426,52	495,99	-69,47	0,00	482,17	13,09	1,44
2016	495,38	515,44	-20,07	0,00	500,82	13,90	1,44
2017	601,97	561,29	40,68	0,00	544,20	16,33	1,52

За даними таблиці побудуємо адаптивну поліноміальну модель другого порядку

$$Y_t(t) = 544,20 + 16,33 t + 0,5 \cdot 1,52 t^2 \quad (33)$$



*Рис. 3. Графік часового ряду енергетичного потенціалу відходів переробної промисловості і прогноз за моделлю, тис. т н.е.**

*Джерело: побудовано автором.

На рисунку 3 наведено графік часового ряду енергетичного потенціалу відходів переробної промисловості і прогноз за моделлю. Графік свідчить про перспективи помірнього зростання енергетичного потенціалу за усіма сценаріями розвитку. Тобто, завдяки високому вмісту жиру та білка, соняшник належить до основних сільськогосподарських культур та є незамінним при переробці для виготовлення на біопаливо в майбутньому.

Таблиця 4

Економічний енергетичний потенціал деревної біомаси

Рік	Фактичні значення (y) тис. т н.е.	Розрахункові значення за моделлю (Yp) тис. т н.е.	Різниця (y-Yp)	Коефіцієнти автокореляції	Параметри моделі		
					a ₀	a ₁	a ₂
2010	2783,56	2843,55	-59,99	0,32	2799,68	35,08	17,57
2011	2948,99	2942,59	6,40	-0,25	2885,53	48,24	17,66
2012	3064,58	3064,59	0,00	0,00	2994,08	61,63	17,75
2013	3154,81	3195,85	-41,04	0,00	3112,59	74,36	17,81
2014	3306,53	3350,59	-44,05	0,00	3254,26	87,39	17,88
2015	3646,17	3576,93	69,23	0,00	3464,08	103,79	18,13
2016	3934,66	3844,11	90,55	0,00	3713,54	121,36	18,44
2017	4146,52	4119,69	26,83	0,00	3972,44	137,92	18,67

**ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ
НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ**

За даними таблиці побудуємо адаптивну поліноміальну модель другого порядку

$$Y_t(t) = 3272,44 + 137,92 t + \frac{1}{2} \cdot 18,67 t^2 \quad (t = 2,3,\dots,8) \quad (34)$$

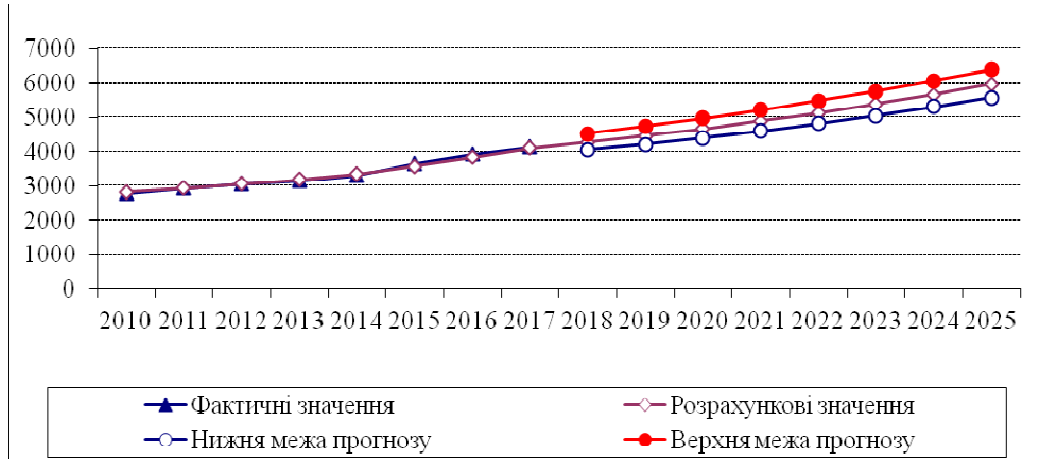


Рис. 4. Графік часового ряду енергетичного потенціалу деревної біомаси і прогноз за моделлю, тис. т н.е.*

*Джерело: побудовано автором.

На рисунку 4 наведено графік часового ряду енергетичного потенціалу деревної біомаси і прогноз за моделлю. Графік свідчить про перспективи помірного зростання енергетичного потенціалу за усіма сценаріями розвитку. Отже, за даними прогнозу лісові відходи, лісовий сухостій та відходи лісопереробки зростатимуть.

Таблиця 5

Економічний енергетичний потенціал біогазу з гною

Рік	Фактичні значення (y) тис. т н.е.	Розрахункові значення за моделлю (Yp) тис. т н.е.	Різниця (y-Yp)	Коефіцієнти автокореляції	Параметри моделі	
					a ₀	a ₁
2010	308,42	321,74	-13,33	0,49	319,04	2,70
2011	328,43	329,79	-1,37	-0,15	326,02	3,77
2012	352,87	352,02	0,84	0,00	344,56	7,46
2013	403,87	400,96	2,90	0,00	385,20	15,76
2014	408,40	422,67	-14,27	0,00	405,72	16,95
2015	390,87	414,18	-23,31	0,00	402,32	11,86
2016	361,39	383,81	-22,42	0,00	380,40	3,42
2017	357,03	365,80	-8,77	0,00	366,67	-0,87

За даними таблиці побудуємо адаптивну поліноміальну модель першого порядку

$$Y_t(t) = 366,67 - 0,87 t \quad (35)$$

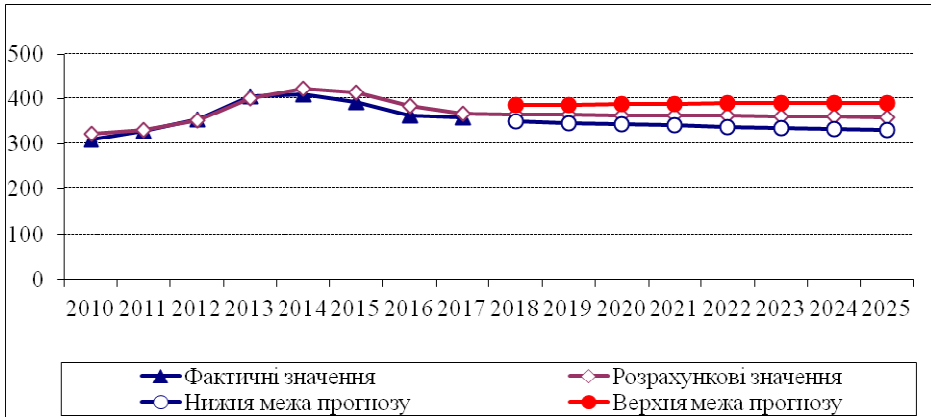


Рис. 5. Графік часового ряду енергетичного потенціалу біогазу з гною і прогнозу за моделлю, тис. т н.е. *

*Джерело: побудовано автором.

За усіма сценаріями прогнозу на рис. 5 висвітлено зменшення енергетичного потенціалу біогазу з гною, а це свідчить про стійку тенденцію зниження поголів'я ВРХ та свиней у сільському господарстві України.

Таблиця 6

Економічний енергетичний потенціал енергетичних культур

Рік	Фактичні значення (y) тис. т н.е.	Розрахункові значення за моделлю (Yp) тис. т н.е.	Різниця (y-Yp)	Коефіцієнти автокореляції	Параметри моделі	
					a ₀	a ₁
2010	1886,56	1790,05	96,51	0,02	1549,08	240,97
2011	1670,92	1983,36	-312,44	-0,02	1747,16	236,20
2012	1603,54	2067,64	-464,10	0,00	1846,63	221,01
2013	1491,03	2058,00	-566,98	0,00	1860,06	197,95
2014	2071,05	2261,17	-190,12	0,00	2062,70	198,47
2015	2330,65	2487,43	-156,78	0,00	2286,18	201,25
2016	2284,27	2607,41	-323,14	0,00	2414,29	193,12
2017	3692,48	3234,56	457,92	0,00	2998,03	236,52

Графік рис. 6 свідчить про перспективи значного зростання енергетичного потенціалу завдяки збільшенню площ під вирощування енергетичних культур за усіма сценаріями розвитку. При цьому збільшення площ відбуватиметься не за рахунок вилучення існуючих продуктивних площ під енергетичні культури, а завдяки включенню

**ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ
НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ**

земель, які станом на сьогодні вилучені із сільськогосподарського обігу. Цю думку підтверджують наукові дослідження В. Бондара, А. Фурси, М. Гументика щодо необхідності закладення до 2030 року на площі близько 500 тис. га плантації біоенергетичних культур на незадіяних сільськогосподарських землях [8, с.23], використання відходів сільськогосподарських культур з площі близько 8 млн га для створення потужної сировинної бази розвитку біоенергетики.

Адаптивна поліноміальна модель першого порядку:

$$Y_i(t) = 2998,03 + 236,52 t \quad (36)$$

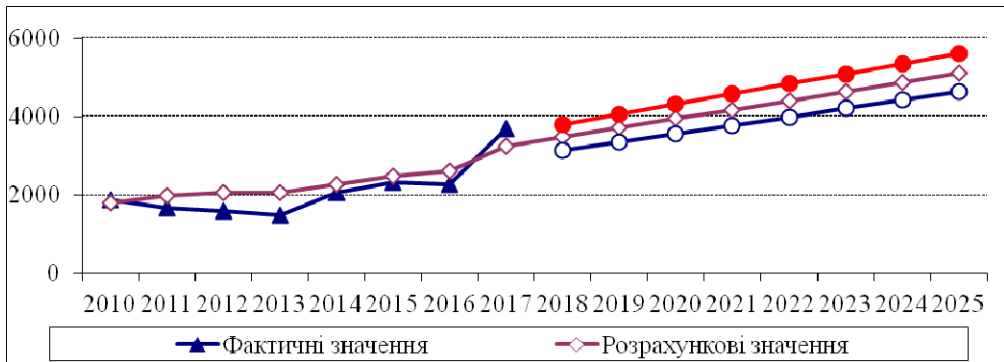


Рис. 6. Графік часового ряду енергетичного потенціалу енергетичних культур і прогноз за моделлю, тис. т н.е.*

*Джерело: побудовано автором.

Важливою складовою формування сировинної бази біоенергетики є також вирощування кукурудзи на силос (табл. 7).

Таблиця 7

Економічний енергетичний потенціал кукурудзи на силос

Рік	Фактичні значення (у) тис. т н.е.	Розрахункові значення за моделлю (Yp) тис. т н.е.	Різниця (у-Yp)	Коефіцієнти автокореляції	Параметри моделі		
					a ₀	a ₁	a ₂
2010	942,33	883,84	58,48	-0,21	938,78	-74,30	38,72
2011	834,62	761,48	73,14	-0,30	797,98	-56,27	39,55
2012	800,96	722,11	78,85	0,00	736,78	-35,17	40,99
2013	744,76	710,50	34,26	0,00	705,61	-16,05	41,86
2014	1034,48	906,83	127,66	0,00	867,77	16,25	45,61
2015	1164,15	1123,30	40,85	0,00	1055,16	44,12	48,05
2016	1140,98	1251,09	-110,11	0,00	1168,22	59,16	47,44
2017	1816,00	1720,81	95,19	0,00	1595,69	98,92	52,38

Адаптивна поліноміальна модель другого порядку:

$$Y_t(t) = 1595,69 + 98,92 t + \frac{1}{2} \cdot 52,38 t^2 \quad (37)$$

На рисунку 7 наведено графік часового ряду енергетичного потенціалу кукурудзи на силос і прогноз за моделлю. Графік свідчить про перспективи значного зростання енергетичного потенціалу за усіма сценаріями розвитку. На основі проведених досліджень здійснюємо узагальнення отриманих даних і побудуємо графік (рис. 8).

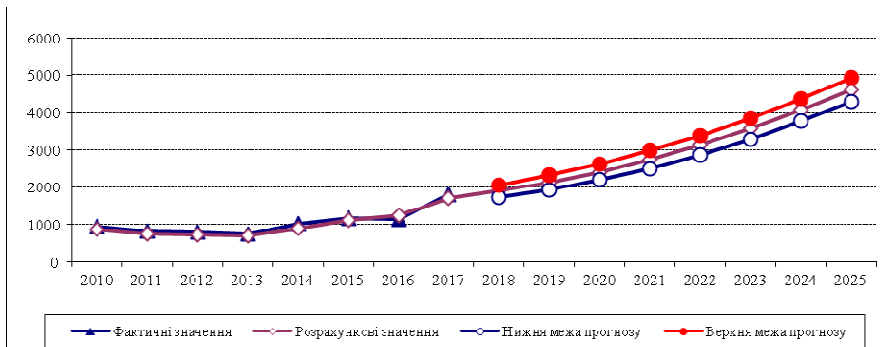


Рис. 7. Графік часового ряду енергетичного потенціалу кукурудзи на силос і прогноз за моделлю, тис. т н.е.*

*Джерело: побудовано автором.

Дані рис. 8 свідчать про перспективи значного зростання енергетичного потенціалу за усіма сценаріями розвитку. Отже, Україна має потужний енергетичний потенціал для розвитку біоенергетики, а це є одним із стратегічних напрямів розвитку сектору відновлюваних джерел енергії.

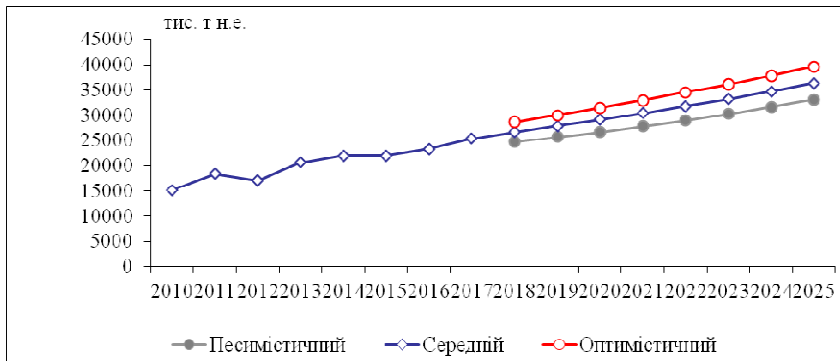


Рис. 8. Фактичні та прогнозні дані економічного енергетичного потенціалу біомаси у сільськогосподарських підприємствах, тис. т н.е.*

*Джерело: побудовано автором.

Висновки. Для прогнозування за адаптивним методом використано модель, параметри якої визначаються у процесі її побудови. Попередня оцінка параметрів цієї моделі базується на даних вихідного динамічного ряду за методом експоненціального вирівнювання. На основі нових даних, які ми отримували на кожному наступному кроці, проводилася корекція параметрів моделі у часі, тобто їх адаптація до нових умов розвитку процесу, що неперервно змінюються. За даними методами прогнозу сформовано адаптивні поліноміальні моделі першого і другого порядку по кожному виду біомаси та побудовано графіки часового ряду енергетичного потенціалу біомаси у сільськогосподарських підприємствах і прогноз за моделлю. Для підтвердження достовірності даного прогнозу було проведено паралельний прогноз на основі моделювання ситуації на 2015 рік. Маючи прогнозне виробництво продукції, було розраховано за формулами економічний теоретичний потенціал біомаси. Цей результат наблизився до вищезазначеного методу, тому і був прийнятий за основу розрахунку. Дані свідчать про перспективи значного зростання енергетичного потенціалу за усіма сценаріями розвитку.

Список використаних джерел:

1. Гелетуха Г. Г. Перспективи використання відходів сільського господарства для виробництва енергії в Україні / Гелетуха Г. Г. // Аналітична записка БАУ. – 2014. – №7. – С.33.
2. Гелетуха Г. Г. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні / Гелетуха Г. Г., Жовмір М. М., Железна Т. А. // Промышленная теплотехника. – 2011. – № 33. – С. 57–64.
3. Калетнік Г. М. Науково обґрунтовані та практичні підходи використання соломи та рослинних решток у сільському господарстві / Калетнік Г. М., Булгаков В. М. // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – 2011. – №5. – С. 62–68.
4. Макарчук О. Г. Світові та вітчизняні тенденції розвитку виробництва біопального / Макарчук О. Г. // Економіка АПК. – 2008. – № 7. – С. 152–155.
5. Принципы распознавания образов / Ту Дж., Гонсалес Р. – М., 1978. – 416 с.
6. Лукашин Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: [учебное пособие] / Лукашин Ю. П. – М., 2003. – 416 с.
7. Кендэл М. Временные ряды / Кендэл М. – М.: Финансы и статистика, 1981, – С.122–137.
8. Бондар В. С. Стратегія та пріоритети розвитку біоенергетики в Україні / Бондар В. С., Фурса А. В., Гументик М. Я. // Економіка АПК. – 2018. – №8. – С. 17 – 25.
9. Цыганов А. Р. Биоэнергетика: энергетические возможности биомассы / Цыганов А. Р. – Минск, 2012. – 143 с.
10. Tyner W. The integration of energy and agricultural markets // Agric. Econ. 2010, vol. 41, issue supplement s1, pp. 193-201.

References:

1. Heletukha, H.H. (2014). Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine. *Analitychna zapyska BAU [Analytical note BAU]*, no. 7, pp. 33 (in Ukr.).

2. Heletukha, H.H., Zhovmir, M.M., Zheliezna, T.A. (2011). Estimation of the energy potential of biomass in Ukraine. *Promyshlennaya teplotekhnika [Industrial heat engineering]*, no. 33, pp. 57–64 (in Ukr.).
3. Kaletnik, H.M., Bulhakov, V.M. (2011). Scientifically grounded and practical approaches to the use of straw and plant residues in agriculture. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnitskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky [Collection of scientific works of Vinnitsa National Agrarian University. Series: Technical Sciences]*, no. 5, pp. 62–68 (in Ukr.).
4. Makarchuk, O.H. (2008). World and domestic tendencies of biofuel production development. *Ekonomika APK [Economy of agroindustrial complex]*, no. 7, pp. 152–155 (in Ukr.).
5. Tu Dzh., Ghonsales R. (1978). *Principy raspoznavaniya obrazov [Principles of pattern recognition]*, Moscow (in Russ.).
6. Lukashin, Ju.P. (2003). *Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennykh rjadov [Adaptive methods for short-term time series forecasting]*, Moscow (in Russ.).
7. Kendjel, M. (1981). *Vremennye rjady [Time series]*, Finance and Statistics, Moscow, pp.122–137 (in Russ.).
8. Bondar, V.S., Fursa, A.V., Ghumentyk, M.Ja. (2018). Strategy and priorities of bioenergy development in Ukraine. *Ekonomika APK [Economy of agroindustrial complex]*, no. 8, pp. 17–25 (in Ukr.).
9. Tsyganov, A.R. (2012). *Bioenergetika: Energeticheskiye vozmozhnosti biomassy [Bioenergy: Biomass energy potential]*, Minsk (in Russ.).
10. Tyner, W. (2010.) The integration of energy and agricultural markets. *Agric. Econ.*, vol. 41, issue supplement s1, pp. 193-201.

УДК 338.22.021.2: 631.3

JEL Classification: O32,Q18

DOI: <http://doi.org/10.34025/2310-8185-2019-1.73.02>

Р.Р. Марков,

<https://orcid.org/0000-0001-9421-8083>

Національний науковий центр

«Інститут аграрної економіки», м. Київ

ДЕРЖАВНА ПІДТРИМКА ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГАЛУЗЕЙ РОСЛИННИЦТВА

Анотація

У статті обґрунтовані підходи щодо надання державної підтримки процесам технічного забезпечення галузей рослинництва. Обґрунтовано потребу сільськогосподарських товаровиробників у наданні державної підтримки. Проаналізовано практику реалізації заходів