

**ЕКОНОМІКА ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ
ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

УДК 330.342:55; 338.436

**ВИРОБНИЦТВО ТА
ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВ В
УКРАЇНІ: ЕКОНОМЕТРИЧНІ
ПІДХОДИ, МОДЕЛЮВАННЯ ©**

Г.М. КАЛЕТНИК,
*доктор економічних наук, професор,
академік НААН України, завідувач
кафедри адміністративного
менеджменту та
альтернативних джерел енергії,*

Н.В. БУРЄННІКОВА,
*доктор економічних наук, професор,
завідувачка кафедри моделювання та
інформаційних технологій в економіці,*

Н.А. ПОТАПОВА,
*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри моделювання та
інформаційних технологій в економіці,
Вінницький національний
аграрний університет
(м. Вінниця)*

У статті досліджено тенденції у виробництві й споживанні енергоресурсів в Україні та світі за останні десять років із розробкою на їхній основі відповідних економетричних моделей для окреслення перспектив подальшого розвитку вітчизняного ринку біопалив. У результаті досліджень реалізовано економетричні підходи з побудовою відповідних моделей та прогноною оцінкою до визначення очікуваного середнього рівня енергоємності ВВП на 2017-2021 рр. за всіма енергоресурсами та за біоенергетичними ресурсами (біопаливами). На основі даних енергетичного балансу України проведено оцінювання динаміки та очікуваної енергоємності ВВП за всіма енергоресурсами та в частині біопалив за 2007-2016 рр. за методом найменших квадратів. Здійснено аналогічні розрахунки щодо показника ВВП на душу населення на основі впливу на нього факторів попиту та пропозиції на ринку біопалив. Обґрунтовано висновки щодо еластичності показників ВВП на душу населення та виробництва й споживання біопалива. Перспективами подальших досліджень є формування методики застосування показників складових результативності у біоенергетиці у контексті SEE-управління.

Ключові слова: біопалива, ринок енергоресурсів, енергоємність, виробництво та споживання біопалива.

Табл.: 8. Рис.: 3. Літ.: 20.

Постановка проблеми. Пошук новітніх шляхів забезпечення країни власними енергетичними ресурсами та енергозбереження є нагальними проблемами сьогодення. Сучасні технології виробництва біогазу, яким вже є понад п'ятдесят років, сприяють вирішенню економічних, соціальних, екологічних та інших проблем у контексті

уможливлення сталого розвитку економіки країни. Досить ефективним у цьому розумінні є виробництво та використання біогазу, отриманого шляхом перероблення біомаси з різних видів відходів тварин, рослин та побутових відходів населених пунктів. Відсутність методик та відповідних економіко-математичних моделей у біоенергетиці для окреслення теперішнього стану, тенденцій і перспектив розвитку виробництва та використання біопалив в Україні потребує формування згаданих вище методик і моделей із урахуванням енергобалансу країни як системи показників, що характеризують ресурси, виробництво та використання певних видів палива й енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Внесок вітчизняних науковців у розробку теоретико-методологічних та прикладних аспектів розвитку ринку біопалив, виробництва і використання альтернативної енергії в Україні є досить вагомим. Зокрема, загальновідомими при визначенні ефективності виробництва біогазу є такі методологічні підходи, які дозволяють обчислювати норму прибутку та/або вираховувати вартість біогазу за ринковою ціною природного газу [1]. Проблеми виробництва і споживання біогазу є науковим доробком В. Гавриша [2], Г. Гелетухи [3, 4], Д. Дейблейна [5], В. Дубровіна [6], Г. Калетніка [7, 8], Ю. Кернасюка [1], М. Кобець [9, 10] та ін. Пропозиції щодо оцінювання результативності процесу функціонування механізму інноваційного забезпечення виробництва біопалива відображено у монографії Н. Буреннікової та В. Ярмоленка [11, с. 82-87], але вирішення пов'язаних з цим проблем потребує подальших досліджень. Актуальними для ринку біопалив є основні тенденції розвитку агрологістики України та її впливу на підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції, які є предметом досліджень автора Н. Потапової [12]. Науковці як в Україні (зокрема, Гавриш В.І. [13]), так і за її межами [14, 15 та ін.] приділяють увагу також й питанням економічної доцільності використання біогазових установок.

Невирішеною частиною проблеми залишаються питання щодо створення дієвих моделей, прогнозів та розробки на їхній основі конкретних пропозицій стосовно виробництва й ефективного використання біопалив в Україні.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає у дослідженні тенденцій у виробництві та споживанні енергоресурсів в Україні та світі за останні десять років із розробкою на їх основі відповідних економетричних моделей для окреслення перспектив подальшого розвитку вітчизняного ринку біопалив.

Виклад основного матеріалу дослідження. Підвищення рівня екологізації процесів виробництва та зростання потреб у ресурсах альтернативної енергетики призводять до формування нових ринків ресурсів, зокрема такого його сегменту, як ринку біопалив. Процес заміщення природного газу альтернативними ресурсами потребує уваги держави, залучення інвесторів тощо, що дасть змогу повноцінно реалізувати потенціал цього напрямку енергетики.

Україна залишається країною з високим рівнем енергоємності. Значення показників інтенсивності використання енергії в світі в економічній структурі значно відрізняються один від одного, що зумовлено різними за рівнем досягненнями в галузях енергоефективності. Високий рівень інтенсивності використання енергоресурсів спостерігається у країнах, де в економіці значною є частка енергомістких виробництв з експортною орієнтацією сировини, що в більшості випадків не пов'язано із впровадженням високотехнологічних процесів. Лідерами енерговиробництва та енергоспоживання у світі залишаються Китай та США. Україна у 2017 р. опинилась на 1 місці за енергоємністю продукції з коефіцієнтом 0,246 кг н.е./\$ п.к.с. 2015 (кг нафтового еквівалента на долар за паритетом купівельної спроможності у 2015 р.), що характеризує українську економіку як енерговитратну (табл. 1).

Таблиця 1

Стан виробництва та споживання енергії у світовій економіці, 2017 р.*

Країни	Виробництво, млн т н.е.	Споживання, млн т н.е.	Споживання біопалив, % в структурі всіх енергоресурсів	Енергоємність ВВП, млн т н.е. кг н.е./ \$ п.к.с. 2015р.
Китай	2499	3105	4	0,138
США	2018	2201	5	0,118
Росія	1418	744	1	0,211
Україна	63	87	4	0,246
Німеччина	122	314	10	0,077
Польща	64	104	8	0,095
Японія	35	429	2	0,081
Канада	504	287	4	0,173

Примітка:* дані по Україні за 2014-2016 рр. узято для обчислень без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополь та частини зони проведення АТО

Джерело: систематизовано авторами на основі даних [16, 17]

Як відомо, одним із шляхів зниження високої частки енергозатрат у собівартості продукції є перехід на альтернативні енергетичні ресурси, зокрема на біопалива. За період 2007-2016 рр. частка біопалива та відходів у енергоємності ВВП збільшилась на 3,7% (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняльна характеристика енергоємності ВВП України у частині всіх енергетичних ресурсів та біопалива, 2007-2016 рр.*

Роки	ВВП у фактичних цінах, млн грн	ВВП у фактичних цінах на одну особу, грн	Кінцеве енергоспоживання, тис. т.н.е.	Енергоємність ВВП, т н.е./ тис. грн	Енергоспоживання на основі біопалива та відходів, тис. т.н.е.	Енергоємність ВВП у частині біопалива, т н.е./тис. грн	Відхилення енергоємності ВВП у частині біопалива до енергоємності, %
2007	720731	15496	85955	0,1193	1508	0,0021	98,2456
2008	948056	20495	83283	0,0878	1610	0,0017	98,0668
2009	913345	19832	67555	0,0740	1433	0,0016	97,8788
2010	1082569	23600	74004	0,0684	1476	0,0014	98,0055
2011	1302079	28488	75852	0,0583	1563	0,0012	97,9394
2012	1408889	30901	73107	0,0519	1522	0,0011	97,9181
2013	1522700	33473	69557	0,0457	1875	0,0012	97,3044
2014	1586900	36904	61460	0,0387	1934	0,0012	96,8532
2015	1988500	46413	50831	0,0256	2102	0,0011	95,8647
2016	2383200	55848	51645	0,0217	2832	0,0012	94,5164

Примітка: * дані за 2014-2016 рр. узято для обчислень без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополь та частини зони проведення АТО

Джерело: узагальнено та розраховано авторами на основі даних [16]

Як бачимо, у 2016 р. відхилення енергоємності ВВП у частині біопалива порівняно з енергоємністю всіх спожитих ресурсів склало 94,5% (частка біопалива та відходів в енергоємності ВВП становить 5,5%) на противагу 98,2% у 2007 р. (частка біопалива 1,8%). При загальній тенденції скорочення кінцевого енергоспоживання всіх ресурсів (за 2007-2016 рр. щорічне зменшення склало 3812 тис. т.н.е.). Енергоспоживання ресурсів на основі біопалива та відходів має щорічний приріст 147 тис. т.н.е. Це підтверджує ефективність альтернативної енергетики та вказує на її значні потенційні можливості для використання.

Таблиця 3

Результати розрахунків прогнозованих значень енергоємності ВВП та енергоємності ВВП України в частині біопалива та відходів, 2007-2021 рр.

Роки	Фактична енергоємність ВВП, т.н.е./тис. грн	Фактична енергоємність ВВП у частині біопалива та відходів, т.н.е./тис. грн	Теоретичне значення кінцевої енергоємності за МНК, т.н.е./тис. грн	Відхилення теоретичного від фактичного значення енергоємності ВВП, т.н.е./тис. грн	Теоретичне значення енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів за МНК, т.н.е./тис. грн	Відхилення теоретичного від фактичного значення енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів, т.н.е./тис. грн
2007-2016 рр.						
2007	0,1193	0,0021	0,1246	-0,0053	0,0021	0,0000
2008	0,0878	0,0017	0,0857	0,0022	0,0017	0,0000
2009	0,0740	0,0016	0,0688	0,0051	0,0015	0,0001
2010	0,0684	0,0014	0,0589	0,0094	0,0014	0,0000
2011	0,0583	0,0012	0,0522	0,0060	0,0013	-0,0001
2012	0,0519	0,0011	0,0473	0,0046	0,0012	-0,0002
2013	0,0457	0,0012	0,0435	0,0021	0,0012	0,0000
2014	0,0387	0,0012	0,0405	-0,0018	0,0011	0,0001
2015	0,0256	0,0011	0,0380	-0,0124	0,0011	0,0000
2016	0,0217	0,0012	0,0359	-0,0142	0,0011	0,0001
Сума	0,5914	0,0138	0,5954	-0,0043	0,0137	0,0000
Середнє	0,0591	0,0014	0,0595	-0,0004	0,0014	0,0000
2017-2021 рр.						
2017	–	–	0,0341	–	0,0010	–
2018	–	–	0,0325	–	0,0010	–
2019	–	–	0,0312	–	0,0010	–
2020	–	–	0,0299	–	0,0010	–
2021	–	–	0,0288	–	0,0010	–
Сума	–	–	0,1565	–	0,0050	–
Середнє	–	–	0,0313	–	0,0010	–

Примітка: * дані за 2014-2016 рр. взято для обчислень без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополь та частини зони проведення АТО

Джерело: узагальнено та розраховано авторами на основі даних [16]

На основі даних енергетичного балансу України у контексті енергетичної стратегії України на період до 2035 року [16, 18] нами проведено оцінювання динаміки та здійснено прогнозування енергоємності ВВП за всіма енергоресурсами та в частині біопалива за 2007-2016 рр. за методом найменших квадратів (табл. 3).

За отриманою прогнозою оцінкою очікуваний середній рівень енергоємності ВВП на 2017-2021 рр. за всіма енергоресурсами становитиме 0,0313 т.н.е./тис. грн, за ресурсами біопалив – 0,0010 т.н.е./тис. грн. Модель тренду енергоємності ВВП має вигляд:

$$\bar{y}_1 = 0,12 \cdot t^{-0,54}, \quad (1)$$

де \bar{y}_1 – теоретичне значення енергоємності ВВП, розраховане за методом найменших квадратів (МНК), т н.е./ тис. грн; t – часовий період (рік).

За даними розрахунків (рис. 1) енергоємність ВВП у цілому за всіма видами ресурсів має спадну тенденцію, при якій щорічне зменшення становить 0,54%. Характеристики оцінювання (коефіцієнт кореляції 0,964; коефіцієнт детермінації 0,929) підтверджують високий рівень значимості апроксимації.

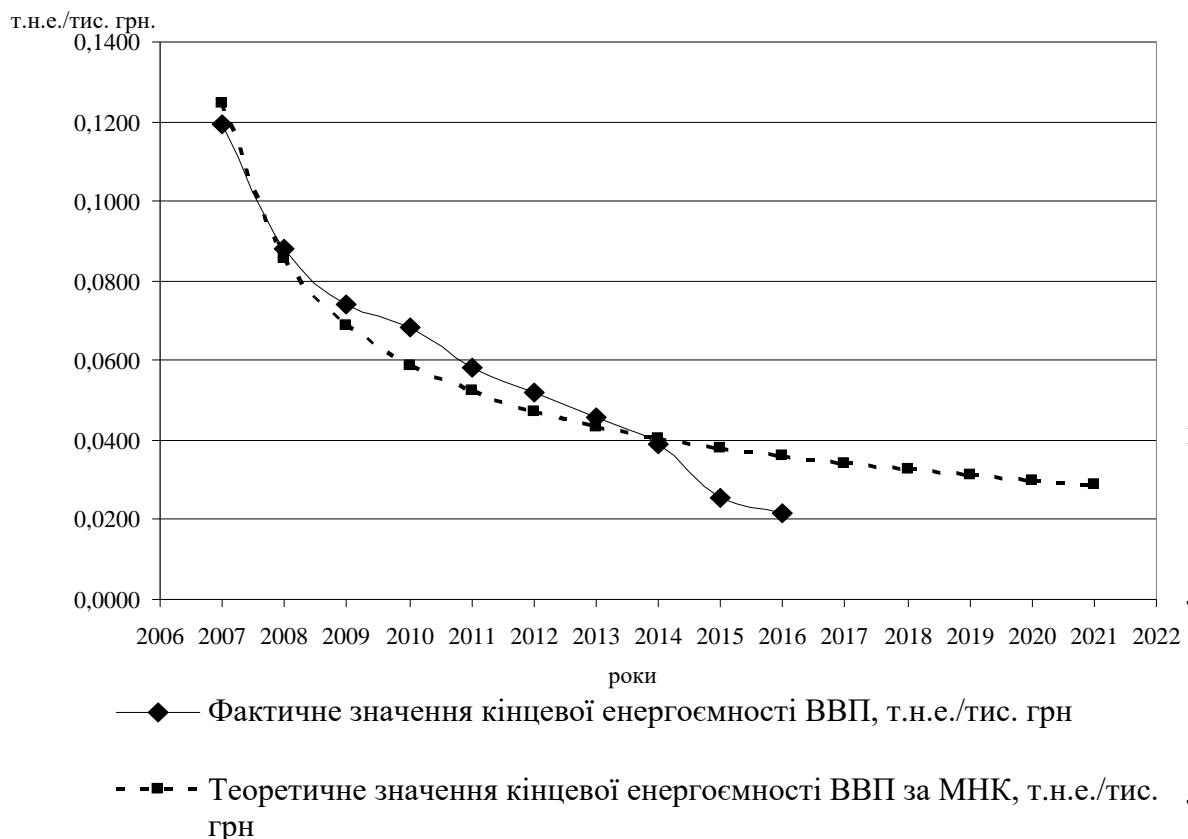


Рис. 1. Графіки фактичних (2007-2016 рр.) та теоретичних (2007-2021 рр.) значень енергоємності ВВП, розрахованих за МНК, т.н.е./ тис. грн
Джерело: побудовано авторами на основі даних (табл. 3)

Модель тренду енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів має вигляд (рис. 2):

$$\bar{y}_2 = 0,00207 \cdot t^{-0,29}, \quad (2)$$

де \bar{y}_2 – теоретичне значення енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів, розраховане за методом найменших квадратів (МНК), т.н.е./ тис. грн;
 t – часовий період (рік).

За даними розрахунків (рис. 2) енергоємність ВВП у частині біопалива та відходів має спадну тенденцію, при якій щорічне зменшення становить 0,29%. Характеристики оцінювання (коефіцієнт кореляції 0,965; коефіцієнт детермінації 0,932) підтверджують високий рівень значимості апроксимації.

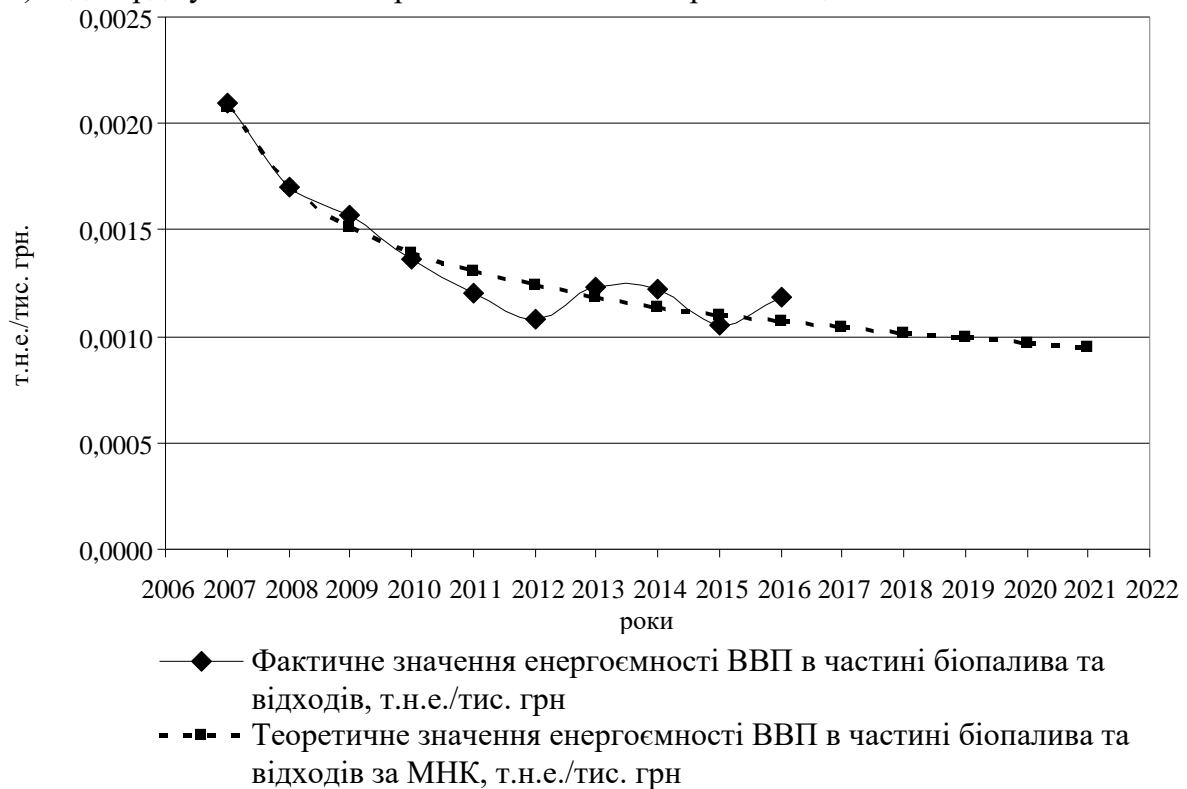


Рис. 2. Графіки фактичних (2007-2016 рр.) та теоретичних (2007-2021 рр.) значень енергоємності ВВП, розрахованих за МНК, у частині біопалива та відходів, т.н.е./ тис. грн

Джерело: побудовано авторами на основі даних табл. 3

Незважаючи на загальноєвропейську тенденцію до зростання обсягів виробництва біопалив, їх найбільшим споживачем в Україні є побутовий сектор (домогосподарства). Протягом 2007-2016 рр. частка цього сектору в структурі споживання коливалась у межах 85,5% до 90,9% (табл. 4). За 2016 р. на 2,7% у порівнянні з 2015 р. зросла частка споживачів біопалив та відходів сектору торгівлі та послуг. Низьким залишається рівень споживання біопалив у секторі сільського господарства, частка якого в структурі споживання коливається у межах від 1,2% до 2,5% (при значному потенціалі інтеграції процесів виробництва сировини біомаси з інфраструктурою її переробки).

Нерівномірність розподілу структури споживання біопалива за секторами економіки створює асиметрію ринку в бік споживання домогосподарствами, що в кінцевому результаті відображається на розмірі ВВП на душу населення.

Якщо результативною ознакою вважати показник ВВП на душу населення, то

оцінювання процесів зміни відповідних попиту та пропозиції на ринку біопалив може здійснюватись за характеристиками енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів, котру обчислено за обсягами споживання та виробництва. Модель факторного впливу (отримано за методом найменших квадратів) має вигляд степеневі залежності:

$$\bar{z} = 34,92 \cdot y_2^{-2,943} \cdot y_3^{1,943}, \quad (3)$$

де \bar{z} – ВВП у фактичних цінах на одну особу, грн;

y_2 – енергоємність ВВП у частині біопалива та відходів, т.н.е./тис. грн;

y_3 – співвідношення виробництва біопалива та відходів до ВВП, т.н.е./тис. грн.

Таблиця 4

Структура кінцевого споживання енергетичних ресурсів України на основі біопалива та відходів, 2007-2016 рр.

Роки	Кінцеве споживання біопалива та відходів, тис. т.н.е.	Промисловість, %	Побутовий сектор, %	Торгівля та послуги, %	Сільське господарство, %
2007	1145	5,6	89,4	2,4	2,5
2008	1207	4,5	90,2	3,6	1,7
2009	1004	3,9	91,7	2,7	1,7
2010	984	4,2	92,9	1,2	1,7
2011	1040	4,2	90,1	4,0	1,5
2012	1030	4,5	90,9	2,6	1,9
2013	1118	3,4	89,1	2,2	1,4
2014	1201	4,0	89,1	2,3	1,2
2015	1283	6,7	85,5	3,6	1,5
2016	1724	3,0	87,4	6,3	1,2
Сума	11736	44,0	896,3	30,9	16,3
Середнє	1174	4,4	89,6	3,1	1,6

Примітка: * дані за 2014-2016 рр. взято для обчислень без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополь та частини зони проведення АТО

Джерело: узагальнено та розраховано авторами на основі даних [16]

Результати оцінювання ВВП України на основі характеристик споживання і виробництва біопалива та відходів наведено у табл. 5.

Оцінка множинного коефіцієнта кореляції для моделі (3) $r_{z,y_2,y_3} = 0,879$ підтвердила тісний зв'язок між обраними факторами. Множинний коефіцієнт детермінації ($R^2_{z,y_2,y_3} = 0,773$) свідчить, що обрані фактори за даною моделлю зумовлюють 77% варіації фактору ВВП на одну особу, при цьому 23% зумовлено варіацією факторів, які не увійшли в модель. Зменшення на 2,943% ВВП у фактичних цінах на душу населення пояснюється зростанням значень фактору енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів на 1% (фактор попиту). Зростання на 1,943% ВВП у фактичних цінах на одну особу зумовлене зростанням значень фактору співвідношення виробництва біопалива та відходів і ВВП на 1% (фактор пропозиції).

ВВП на душу населення є більш еластичним до споживання енергоресурсів біопалива, ніж до обсягів його виробництва, що обґрунтовує доцільність змін у структурі споживання біопалива. Для оцінки впливу структури споживання біопалива пропонуємо авторську економетричну модель, яка має вигляд:

$$\bar{y}_2 = 0,000288 \cdot x_1^{-0,285} \cdot x_2^{-0,015} \cdot x_3^{-0,084} \cdot x_4^{1,043}, \quad (4)$$

де y_2 – енергоємність ВВП у частині біопалива та відходів, т.н.е./тис. грн;

x_1 – кінцеве споживання біопалива та відходів промисловістю, тис. т.н.е.;

x_2 – кінцеве споживання біопалива та відходів побутовим сектором, тис. т.н.е.;

x_3 – кінцеве споживання біопалива та відходів торгівлею та послугами, тис. т.н.е.; x_4 – кінцеве споживання біопалива та відходів сільським господарством, тис. т.н.е.

Таблиця 5

Результати оцінювання ВВП України на основі характеристик споживання й виробництва біопалива та відходів за 2007-2016 рр.

№	Роки	ВВП у фактичних цінах на одну особу, грн	Енергоємність ВВП в частині біопалива та відходів, т.н.е./тис. грн	Співвідношення виробництва біопалива та відходів до ВВП, т.н.е./тис. грн	Теоретичний ВВП у фактичних цінах на одну особу за МНК, грн	Відхилення теоретичного від фактичного значення енергоємності ВВП в частині біопалива та відходів, т.н.е./тис. грн
1	2007	15496	0,002092320	0,002065958	16272	-776
2	2008	20495	0,001698212	0,00168028	20128	367
3	2009	19832	0,001568958	0,001587571	22756	-2924
4	2010	23600	0,001363423	0,001346796	24990	-1390
5	2011	28488	0,001200388	0,001213444	29686	-1198
6	2012	30901	0,001080284	0,001110804	34096	-3195
7	2013	33473	0,001231365	0,001262888	29764	3709
8	2014	36904	0,001218728	0,001511752	43518	-6614
9	2015	46413	0,001057078	0,001310536	50120	-3707
10	2016	55848	0,001188318	0,001404834	40651	15197
	Сума:	311450	0,013699074	0,014494863	311981	-531
	Середнє	31145	0,001369907	0,001449486	31198	-53

Примітка: * дані за 2014-2016 рр. взято для обчислень без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополь та частини зони проведення АТО

Джерело: узагальнено та розраховано авторами на основі даних [16]

Результати оцінювання на основі цієї моделі наведено у табл. 6.

Множинний коефіцієнт кореляції для моделі (4) становить $r_{y_2, x_1, x_2, x_3, x_4} = 0,803$, що характеризує тісний зв'язок між обраними факторами. Множинний коефіцієнт детермінації ($R^2_{y_2, x_1, x_2, x_3, x_4} = 0,644$) свідчить, що варіацію фактору енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів на 64% зумовлює варіація факторів обсягів споживання обраних секторів економіки, а 36% – зумовлено варіацією факторів, які не увійшли в модель. Аналіз параметрів цієї моделі дозволяє зробити такі висновки:

- зростання на 1,043% енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів відбуватиметься при збільшенні на 1% обсягів кінцевого споживання сільським господарством;

- зменшення на 0,285% енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів відбудуватиметься при збільшенні на 1% обсягів кінцевого споживання сектором промисловості;

- зменшення на 0,015% енергоємності ВВП в частині біопалива та відходів відбудуватиметься при збільшенні на 1% обсягів кінцевого споживання побутовим сектором;

- зменшення на 0,084% енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів відбудуватиметься при збільшенні на 1% обсягів кінцевого споживання сектором торгівлі та послуг.

Найбільш результативним за енергоємністю біопалива є сектор промисловості та торгівлі і послуг. При розширенні споживання у цих секторів є можливість зменшення частки енерговитрат біопалива при виробництві продукції.

Таблиця 6

Результати оцінювання енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів на основі характеристик кінцевого споживання ресурсів секторами економіки України у 2007-2016 рр.

№	Роки	Енергоємність ВВП у частині біопалива та відходів, т.н.є./тис. грн	Кінцеве споживання біопалива та відходів, тис. т.н.є.				Теоретична енергоємність ВВП у частині біопалива та відходів, т.н.є./тис. грн	Відхилення фактичного від теоретичного значення енергоємності ВВП у частині біопалива та відходів, т.н.є./тис. грн
			Промисловість	Побутовий сектор	Торгівля та послуги	Сільське господарство		
1	2007	0,0021	64	1024	27	29	0,0020	0,0001
2	2008	0,0017	54	1089	43	21	0,0015	0,0002
3	2009	0,0016	39	921	27	17	0,0013	0,0002
4	2010	0,0014	41	914	12	17	0,0014	0,0000
5	2011	0,0012	44	937	42	16	0,0012	0,0000
6	2012	0,0011	46	936	27	20	0,0015	-0,0004
7	2013	0,0012	38	996	25	16	0,0013	0,0000
8	2014	0,0012	48	1070	28	15	0,0011	0,0001
9	2015	0,0011	86	1097	46	19	0,0011	-0,0001
10	2016	0,0012	51	1506	109	20	0,0013	-0,0001
	Сума:	0,0138	511	10490	386	190	0,0137	0,0000
	Середнє	0,0014	51	1049	39	19	0,0014	0,0000

Примітка: * дані за 2014-2016 рр. взято для обчислень без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополь та частини зони проведення АТО

Джерело: узагальнено та розраховано авторами на основі даних [16]

Одним із найбільш суттєвих факторів ритмічності та стабілізації ризиків виробництва є використання запасів. Зміна запасів на початок виробничого періоду (надлишок або дефіцит) зумовлює стратегію виробництва та планування обсягів експортно-імпортних операцій з надходження сировини. Недостатні обсяги запасів

вимагають від виробників здійснювати пошуки додаткових джерел їх надходження. Проте надмірна кількість запасів несе загрози ризиків з утримання сховищ та супровідних операцій (експедиції, страхування та ін.). Запаси мають залежність від сезонних коливань у відповідному маркетинговому році, що впливає на цикли виробництва біопалива та його пропозицію на ринку. Модель залежності фактору співвідношення виробництва енергії біопалива та відходів до ВВП від впливу зміни їх запасів має вигляд:

$$\bar{y}_3 = 1,33 \cdot 10^{-3} + 1,69 \cdot 10^{-5} \cdot x_5 + 2,24 \cdot 10^{-8} \cdot x_5^2 - 5,31 \cdot 10^{-8} \cdot x_5^3 + 8,72 \cdot 10^{-10} \cdot x_5^4, \quad (5)$$

де \bar{y}_3 – співвідношення виробництва біопалива та відходів до ВВП, т.н.е./тис. грн; x_5 – зміна запасів біопалива та відходів, тис. т.н.е.

Результати оцінювання рівня відхилення фактичних та теоретичних значень за такою моделлю наведено у табл. 7.

Таблиця 7

Результати оцінювання співвідношення виробництва енергії біопалива та відходів й ВВП України на основі зміни запасів у 2007-2016 рр.

№	Роки	Співвідношення виробництва біопалива та відходів до ВВП, т.н.е./тис. грн	Зміна запасів біопалива та відходів, тис. т.н.е.	Теоретична співвідношення виробництва енергії біопалива та відходів до ВВП, т.н.е./тис. грн	Відхилення фактичного значення співвідношення виробництва енергії біопалива та відходів до ВВП, т.н.е./тис. грн
1	2007	0,0021	59	0,0021	0,0000
2	2008	0,0017	17	0,0014	0,0002
3	2009	0,0016	-18	0,0014	0,0001
4	2010	0,0013	18	0,0014	-0,0001
5	2011	0,0012	-17	0,0014	-0,0002
6	2012	0,0011	31	0,0011	0,0000
7	2013	0,0013	17	0,0014	-0,0002
8	2014	0,0015	11	0,0015	0,0000
9	2015	0,0013	5	0,0014	-0,0001
10	2016	0,0014	-1	0,0013	0,0001
	Сума	0,0145	122	0,0144	0,0000
	Середнє	0,0015	12	0,0014	0,0000

Примітка: * дані за 2014-2016 рр. взято для обчислень без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополь та частини зони проведення АТО

Джерело: узагальнено та розраховано авторами на основі даних [16]

Множинний коефіцієнт кореляції для моделі (5) $r_{y_3, x_5} = 0,87$ вказує на тісний зв'язок між обраними факторами. Множинний коефіцієнт детермінації ($R^2_{y_3, x_5} = 0,76$) свідчить, що варіацію фактору співвідношення виробництва біопалива та відходів до ВВП на 76% зумовлює варіація фактору зміни запасів біопалива, а 24% пояснюється

варіацією факторів, які не увійшли в цю модель. Вплив запасів на виробництво біопалива має циклічну тенденцію і характеризується циклічністю зростання 4 періоди. При цьому середній очікуваний рівень виробництва біопалива дорівнює 0,0013 т.н.е. в розрахунку на 1 тис. грн ВВП.

Модель залежності кінцевого споживання біопалива та відходів побутовим сектором від впливу середніх витрат одного домогосподарства на житло, воду, електроенергію, газ та інші види палива має вигляд:

$$\bar{x}_2 = 748,17 \cdot e^{0,00097 \cdot x_6} \quad (6)$$

де \bar{x}_2 – кінцеве споживання біопалива та відходів побутовим сектором, тис. т.н.е.; x_6 – середні витрати одного домогосподарства на житло, воду, електроенергію, газ та інші види палива, грн.

Результати оцінювання моделі за рівнем похибки наведено у табл. 8.

Таблиця 8

Результати оцінювання кінцевого споживання біопалива та відходів побутовим сектором України на основі середніх витрат одного домогосподарства на житло, воду, електроенергію, газ та інші види палива у 2007-2016 рр.

№	Роки	Кінцеве споживання біопалива та відходів побутовим сектором, тис. т.н.е.	Середні витрати одного домогосподарства на житло, воду, електроенергію, газ та інші види палива, грн	Теоретичне кінцеве споживання біопалива та відходів побутовим сектором, тис. т.н.е.	Відхилення теоретичного від фактичного значення кінцевого споживання біопалива та відходів побутовим сектором, тис. т.н.е.
1	2007	1024	174,26	886	138
2	2008	1089	235,75	940	149
3	2009	921	239,08	943	-22
4	2010	914	265,77	968	-54
5	2011	937	309,00	1009	-72
6	2012	936	332,72	1033	-97
7	2013	996	342,67	1043	-47
8	2014	1070	363,71	1064	6
9	2015	1097	509,30	1225	-128
10	2016	1506	625,90	1372	134
	Сума:	10490	3398,16	10483	7
	Середнє	1049	339,82	1048	0,7

Примітка: * дані за 2014-2016 рр. взято для обчислень без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополь та частини зони проведення АТО

Джерело: узагальнено та розраховано авторами на основі даних [16]

Множинний коефіцієнт кореляції для моделі (6) $r_{x_2, x_6} = 0,81$ характеризує тісний зв'язок між обраними факторами. Множинний коефіцієнт детермінації ($R^2_{x_2, x_6} = 0,66$) свідчить, що на 66% варіацію фактору кінцевого споживання біопалива та відходів побутовим сектором зумовлює фактор середніх витрат домогосподарств на житло, воду, електроенергію, газ та інші види палива, а на 34% – інші фактори, які не

увійшли в модель. Приріст кінцевого споживання біопалива та відходів побутовим сектором зростає на 0,097% за умов, що середні витрати 1 домогосподарства на житло, воду, електроенергію, газ та інші види палива зростуть на одну грн (практично залишаться на такому самому рівні), що свідчить про несприятливість зростання споживчих комунальних витрат домогосподарств на споживання ними енергоресурсів біопалива.

Результати впровадження досліджень у практику сприятимуть вирішенню проблем організації сталих і надійних шляхів забезпечення паливно-енергетичними ресурсами, зменшенню залежності від імпорту енергоносіїв і їх ефективного використання в Україні [19], розв'язанню екологічних проблем [20], обґрунтуванню економічної доцільності розвитку біопаливної галузі для забезпечення енергетичної, екологічної та продовольчої безпеки України [21].

Висновки. Розробка методики та побудова дієвих моделей, прогнозів і внесення на їхній основі конкретних пропозицій стосовно виробництва й ефективного використання біопалив в Україні у контексті енергетичної стратегії України на період до 2035 року є нагальною проблемою сьогодення. Підкреслено, що одним із шляхів зниження високої частки енергозатрат у собівартості продукції є перехід на альтернативні енергетичні ресурси, зокрема на біопалива. Обґрунтовано, що одним із факторів ритмічного виробництва та стабілізації ризиків є використання запасів у біоенергетиці. Недостатні обсяги запасів викликають необхідність вишукування додаткових джерел їх надходження, а надмірні призводять до фінансових ризиків. Результати впровадження досліджень у практику сприятимуть вирішенню проблем стосовно зменшення залежності нашої країни від імпорту енергоносіїв, ефективнішому їх використанню в Україні, пошуку шляхів покращення екології та обґрунтуванню економічної доцільності розвитку біопаливної галузі для забезпечення енергетичної, екологічної та продовольчої безпеки України. Подальші дослідження спрямовуватимуться нами на формування методики застосування показників складових результативності у біоенергетиці у контексті *SEE*-управління, що сприятиме дієвому функціонуванню та сталому розвитку національної економіки.

Список використаних джерел

1. Кернасук Ю.В. Науково-методологічні підходи до визначення собівартості виробництва та економічної ефективності продукції біоенергетичної утилізації гною. Наукові праці КНТУ. Економічні науки. Вип. 17. Кіровоград: КНТУ, 2010. 484 с.
2. Блюм Я.Б., Гелетуша Г.Г., Григорюк І.П. та ін. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива: монографія. К.: "Аграр Медіа Груп", 2010. 408 с.
3. Гавриш В.І., Перебийніс В. І. Економічна ефективність біоконверсії рослинної сировини в біогаз. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2014. Т. 20. № 6. С. 68-75. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnuhkt_2014_20_6_10.
4. Гелетуша Г.Г., Железна Т.А., Матвеев Ю.Б., Жовмір М.М. Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Науковий вісник НАУ. 2004. Вип.73, Ч.1. С. 131-138.
5. Deublein D. and Steinhauser A. (2008) Biogas from Waste and renewable Resources: An Introduction. Wiley-VCH, Weinheim, 89-290.
6. Дубровін В.О., Мельничук М.Д., Мельник Ю.Ф. та ін. Біоенергія в Україні (створення новітніх об'єктів, виробництво і використання біопалив). К.: НУБіП України, 2009. 108 с.
7. Калетнік Г.М. Соціально-економічне значення розвитку ринку біопалива в Україні. Економіка АПК. 2008. № 6. С.128-132.

8. Калетнік Г.М., Пришляк В.М. Біопаливо: ефективність його виробництва та споживання в АПК України: Навч. посіб. К.: Хай-Тек Прес, 2010. 312 с.
9. Кобець М.І. Проблемні питання розвитку біодизельного виробництва в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.un.org.ua/brc/ua_wdp_src/Problems%20of%20biodiesel%26.03.2009/20production.pdf /.
10. Кобець Н. Потенциал производства биотоплив в Украине. Влияние законодательных изменений на развитие сектора [Електронний ресурс]. Конференция “Аграрный сектор Украины: совершенствование технологий и бизнес-процессов” (г. Днепропетровск, 23 февраля 2010 г.). Режим доступу: <http://brc.undp.org.ua/img/publications/www%20Dnipropetrovsk%202010.ppt>].
11. Буреннікова Н.В., Ярмоленко В.О. Результативність функціонування складних економічних систем аграрного спрямування. Монографія. Вінниця: ВНАУ. 2017. 168 с.
12. Потапова Н.А. Перспективи розвитку агрологістики на ринках сільськогосподарських культур. Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2017. № 1. С. 28-36.
13. Гавриш В.І. *Визначення економічно доцільного напрямку використання біогазу.* Економіка АПК. 2014. № 3. С. 24-29.
14. Abbasi S.A. Modelling and simulation of biogas system economics. – Ashish, India, 2005. 380 p. 15.
15. Ken Krich, Don Augenstein, JP Batmale, John Benemann, Brad Rutledge, Dara Salour. Biomethane from Dairy Waste. A Sourcebook for the Production and Use of Renewable Natural Gas in California. USDA Rural Development, July 2005. 282 p.
16. Енергетичний баланс України за 2007-2016 рр. Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/energ.htm.
17. Статистический ежегодник мировой энергетики. Режим доступу: <https://yearbook.enerdata.ru/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html>.
18. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. Режим доступу: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=76230.
19. Токарчук Д.М. Стратегічні напрями виробництва біопалива сільськогосподарськими підприємствами України. Економіка. Фінанси. Менеджмент. 2016. № 7. С. 18-26.
20. Біопаливо в Україні. Екологія. Режим доступу: www.npblog.com.ua/index.php/ekologiya/biopalivo-v-ukrayini.html.
21. Калетнік Г.М. Біопаливна галузь і енергетична та продовольча безпека України. Вісник аграрної науки. 2009. № 8. С. 62-64.

References

1. Kernasiuk Yu.V. (2010). Naukovo-metodolohichni pidkhody do vyznachennia sobivartosti vyrobnytstva ta ekonomichnoi efektyvnosti produktsii bioenerhetychnoi utylizatsii hnoiu [Scientific and methodological approaches to determining the production cost and economic efficiency of biomass manure utilization products]. Naukovi pratsi KNTU. Ekonomichni nauky. Vyp. 17. Kirovohrad: KNTU. 484 [in Ukrainian].
2. Blium Ya.B., Heletukha H.H., Hryhoriuk I.P. ta in. (2010). Biolohichni resursy i tekhnolohii vyrobnytstva biopalyva: monohrafiia. [Biological resources and biofuel production technologies]. К.: “Ahrar Media Hrup”. 408 [in Ukrainian].
3. Havrysh V.I., Perebyinis V.I. (2014). Ekonomichna efektyvnist biokonversii roslynnoi syrovyny v biohaz [Economic efficiency of bioconversion of plant raw materials in

biogas]. Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii. T. 20. № 6. 68-75. Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npnukht_2014_20_6_10 [in Ukrainian].

4. Heletukha H.H., Zheliezna T.A., Matvieiev Yu. B., Zhovmir M. M. (2004). Stan ta perspektyvy rozvytku bioenerhetyky v Ukraini [Status and prospects of bioenergy development in Ukraine]. Naukovi visnyk NAU. Vyp.73, Ch.1. S. 131-138 [in Ukrainian].

5. Deublein D. and Steinhauser A. (2008). Biogas from Waste and renewable Resources: An Introduction. Wiley-VCH, Weinheim, 89-290.

6. Dubrovin V.O., Melnychuk M.D., Melnyk Yu.F. ta in. (2009). Bioenerhiia v Ukraini (stvorenna novitnikh ob'iektiv, vyrobnytstvo i vykorystannia biopalyv) [Bioenergy in Ukraine (creation of new objects, production and use of biofuels)]. K.: NUBiP Ukrainy. 108 [in Ukrainian].

7. Kaletnik H.M. (2008). Sotsialno-ekonomichne znachennia rozvytku rynku biopalyva v Ukraini [Social and economic significance of the development of the market in Ukraine]. Ekonomika APK. 2008. № 6. 128-132 [in Ukrainian].

8. Kaletnik H.M., Pryshliak V.M. (2010). Biopalyvo: efektyvnist yoho vyrobnytstva ta spozhyvannia v APK Ukrainy [Biofuels: the efficiency of its production and consumption in the agroindustrial complex of Ukraine]. Navch. posib. K.: Khai-Tek Pres. 312 [in Ukrainian].

9. Kobets M.I. (2009). Problemni pytannia rozvytku biodyzelnogo vyrobnytstva v Ukraini. [Problematic issues of biodiesel production development in Ukraine]. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: http://www.un.org.ua/brc/ua_wdp_src/Problems%20of%20biodiesel%2026.03.2009/20production.pdf / [in Ukrainian].

10. Kobets N. (2010). Potentsyal proizvodstva biotopliv v Ukraine. Vlyiany zakonodatelnykh izmenenyi na rozvitiye sektora [The potential production of biofuels in Ukraine]. [Elektronnyi resurs]. Konferentsiia "Ahrarnyi sektor Ukrainy: sovershenstvovanye tekhnolohiy y byznes-protsesov" (h. Dnepropetrovsk, 23 fevralia 2010 h.). Rezhym dostupu: <http://brc.undp.org.ua/img/publications/www%20Dnepropetrovsk%202010.ppt> [in Russian].

11. Buriennikova N.V., Yarmolenko V.O. (2017). Rezultatyvnist funktsionuvannia skladnykh ekonomichnykh system ahrarnoho spriamuvannia [Effectiveness of functioning of complex economic systems of agrarian direction]. Monohrafiia. Vinnytsia: VNAU. 2017. 168 [in Ukrainian].

12. Potapova N.A. (2017) Perspektyvy rozvytku ahrolohistyky na rynkakh silskohospodarskykh kultur [Prospects for the development of agronomy in the markets of agricultural crops]. Ekonomika. Finansy. Menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky. 2017. № 1. 28-36 [in Ukrainian].

13. Havrysh V.I. (2014). Vyznachennia ekonomichno dotsilnoho napriamu vykorystannia biohazu [Determination of the economically expedient direction of biogas use]. Ekonomika APK. 2014. № 3. 24-29. [in Ukrainian].

14. Abbasi S.A. (2005). Modelling and simulation of biogas system economics. Ashish, India, 2005. 380 p. 15.

15. Ken Krich, Don Augenstein, JP Batmale, John Benemann, Brad Rutledge, Dara Salour. (2005). Biomethane from Dairy Waste. A Sourcebook for the Production and Use of Renewable Natural Gas in California. USDA Rural Development, July 2005. 282 p.

16. Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2007-2016 rr. [Energy balance of Ukraine for 2007-2016]. Rezhym dostupu: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/energ.htm [in Ukrainian].

17. Statystycheskyi ezhehodnyk myrovoi enerhetyky [World Energy Statistics Yearbook]. Rezhym dostupu: <https://yearbook.enerdata.ru/total-energy/world-energy-intensity-gdp-data.html> [in Ukrainian].

18. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 serpnia 2017 r. № 605-r. [Energy strategy of Ukraine for the period up to 2035. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 18, 2017 No. 605-p.]. Rezhym dostupu: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76230 [in Ukrainian].

19. Tokarchuk D. M. (2016). Stratehichni napriamy vyrobnytstva biopalyva silskohospodarskymy pidpriemstvamy Ukrainy [Strategic directions of biofuel production by agricultural enterprises of Ukraine]. *Ekonomika. Finansy. Menedzhment*. 2016. № 7. 18-26 [in Ukrainian].

20. Biopalyvo v Ukraini [Biofuels in Ukraine]. *Ekolohiia*. Rezhym dostupu: www.npblog.com.ua/index.php/ekologiya/biopalivo-v-ukrayini.html.

21. Kaletnik H.M. (2009). Biopalyvna haluz i enerhetychna ta prodovolcha bezpeka Ukrainy [Biofuel industry and energy and food safety of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2009. № 8. 62-64 [in Ukrainian].

ANNOTATION
PRODUCTION AND USE OF BIOFUELS IN UKRAINE: ECONOMETRIC APPROACHES, MODELING

***KALETNIK Hryhoriy,**
Doctor of Economics, professor
Academician of NAAS of Ukraine, head of the department
administrative management and
alternative energy sources
Vinnytsia National Agrarian University,*

***BURYNNIKOVA Nataliia,**
doctor of economics, professor
Head of the Department of Modeling and Information
technologies in the economy,
Vinnytsia National Agrarian University,*

***POTAPOVA Nadiya,**
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Associate Professor of the Department of Modeling and Information
technologies in the economy,
Vinnytsia National Agrarian University
(Vinnytsia)*

The purpose of the article is to study trends in the production and consumption of energy resources in Ukraine and in the world over the past ten years with the development on their basis of appropriate econometric models to outline the prospects for further development of the domestic biofuels market.

As a result of the research, econometric approaches were implemented with the construction of relevant models and a forecast estimate to determine the expected average energy intensity of GDP for 2017-2021 for all energy and bioenergy resources (biofuels). On

the basis of the data of the energy balance of Ukraine, the estimation of the dynamics and expected energy intensity of GDP for all energy resources and for the part of biofuels for 2007-2016 by the least squares method was conducted. Similar calculations for the GDP per capita based on the influence of supply and demand factors on biofuel market have been made. The conclusions about the elasticity of GDP per capita and biofuel production and consumption are substantiated. Prospects for further research are the formation of a methodology for the use of performance indicators in bioenergy in the context of SEE-management.

Key words: biofuels, energy market, energy consumption, production and consumption of biofuels.

Tabl. 8. Formula: 6. Lit. 21

АННОТАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПЛИВА В УКРАИНЕ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ, МОДЕЛИРОВАНИЕ

КАЛЕТНИК Григорий Николаевич,
доктор экономических наук, профессор,
академик НААН Украины, заведующий кафедрой
административного менеджмента и
альтернативных источников энергии,
Винницкий национальный аграрный университет,

БУРЕННИКОВА Наталия Викторовна,
доктор экономических наук, профессор,
заведующая кафедрой моделирования и информационных
технологий в экономике,
Винницкий национальный аграрный университет,

ПОТАПОВА Надежда Анатольевна,
кандидат экономических наук, доцент,
доцент кафедры моделирования и информационных
технологий в экономике,
Винницкий национальный аграрный университет
(г. Винница)

Целью статьи является исследование тенденций в производстве и потреблении энергоресурсов в Украине и мире за последние десять лет с разработкой на их основе соответствующих эконометрических моделей для определения перспектив дальнейшего развития отечественного рынка биотоплива.

В результате исследований реализовано эконометрические подходы с построением соответствующих моделей и прогнозной оценке к определению ожидаемого среднего уровня энергоемкости ВВП на 2017-2021 гг. По всем энергоресурсами и за биоэнергетическими ресурсами (биотопливо). На основе данных энергетического баланса Украины проведена оценка динамики и ожидаемой энергоемкости ВВП по всем энергоресурсами и в части биотоплива в 2007-2016 гг. По методу наименьших квадратов. Осуществлен аналогичные расчеты по показателю ВВП на душу населения на основе воздействия на него факторов спроса и предложения на рынке биотоплива. Обоснованы выводы о эластичности

показателей ВВП на душу населения и производства и потребления биотоплива. Перспективами дальнейших исследований является формирование методики применения показателей составляющих результативности в биоэнергетике в контексте SEE-управления.

Ключевые слова: биотоплива, рынок энергоресурсов, энергоёмкость, производство и потребление биотоплива.

Табл. 8. формул: 6 Лит. 21.

Відомості про авторів

КАЛЕТНИК Григорій Миколайович – доктор економічних наук, професор, академік НААН України, завідувач кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008, Україна, e-mail: rector@vsau.org)

БУРЕННИКОВА Наталія Вікторівна – доктор економічних наук, професор, завідувачка кафедри моделювання та інформаційних технологій в економіці, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008, Україна, e-mail: n.burennikova@ukr.net)

ПОТАПОВА Надія Анатоліївна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри моделювання та інформаційних технологій в економіці, Вінницький національний аграрний університет (вул. Сонячна, 3, Вінниця, 21008, Україна, e-mail: potapova.nadin@gmail.com)

KALETNIK Hryhoriy – Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of NASS of Ukraine, President of the Ukrainian Scientific-Educational Concorcium, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Soniachna Str., 3, e-mail: rector@vsau.org).

BURENNIKOVA Nataliia – Dr. Sc. (Economics), Professor, Vinnitsa National Agrarian University (21008, Vinnitsa, Soniachna str, 3, e-mail: n.burennikova@ukr.net).

POTAPOVA Nadiya – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Modeling and Information Technologies in the Economy Department, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, 3 Soniachna str., e-mail: potapova.nadin@gmail.com).

КАЛЕТНИК Григорий Николаевич – доктор экономических наук, профессор, академик НААН Украины, заведующий кафедрой административного менеджмента и альтернативных источников энергии, Винницкий национальный аграрный университет (ул. Солнечная, 3, Винница, 21008, Украина, e-mail: rector@vsau.org)

БУРЕННИКОВА Наталья Викторовна – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой моделирования и информационных технологий в экономике, Винницкий национальный аграрный университет (ул. Солнечная, 3, Винница, 21008, Украина, e-mail: n.burennikova@ukr.net)

ПОТАПОВА Надежда Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры моделирования и информационных технологий в экономике, Винницкий национальный аграрный университет (ул. Солнечная, 3, Винница, 21008, Украина, e-mail: potapova.nadin@gmail.com)

