

УДК 662.636.3

**П.Г.Плешков**, канд.техн.наук, **С.В.Серебренніков**, канд.техн.наук, **П.Г.Стець** (Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград)

## **Оцінювання паливно-енергетичного потенціалу рослинницької галузі сільського господарства**

*Розроблено методику визначення енергоресурсного потенціалу рослинництва для сировинного забезпечення переходу котельень на альтернативні види палива. Побудовано карти розподілу енергетичного потенціалу по районах області та визначено пріоритетні біоенергетичні культури.*

**Ключові слова:** альтернативні джерела енергії, біопаливо, паливно-енергетичний потенціал, вторинна продукція рослинництва, біоенергопродуктивність.

*Разработана методика определения энергоресурсного потенциала растениеводства для сырьевого обеспечения перехода котельных на альтернативные виды топлива. Построены карты распределения энергетического потенциала по районам области и определены приоритетные биоэнергетические культуры.*

**Ключевые слова:** альтернативные источники энергии, биотопливо, топливно-энергетический потенциал, вторичная продукция растениеводства, биоэнергопродуктивность.

На сьогодні інтенсифікується перехід від традиційних схем опалення (газ, вугілля) до альтернативних, у зв'язку з чим різко зростає попит на паливо рослинного походження (пелети, брикети тощо).

Проте процес модернізації котельень часто відбувається без необхідного наукового обґрунтування можливостей забезпечення їх альтернативним паливом місцевого походження. Тому зростає актуальність вивчення і прогнозування можливостей виробництва біоенергетичної сировини по районах областей України.

Проведення порівняльного аналізу районів за біоенергоресурсним потенціалом дозволить виявити найпродуктивніші з них, визначити чинники, що формують біоенергетичний потенціал кожного району у притаманних йому природно-кліматичних умовах, а також пріоритетні біоенергетичні культури.

Продуктивність рослинницької галузі залежить від багатьох факторів впливу: кліматичних умов місцевості, структури та родючості ґрунтів, норм висіву тощо. Разом з тим, прогнозування біоенергоресурсної продуктивності ускладнюється недотриманням сільськими господарствами норм висіву та сівозміни по культурах. Суттєве відхилення від площ, обґрунтованих сівозміною,

пояснюється низькою вмотивованістю фермерів та їх бажанням максимізувати прибуток у короткостроковому періоді.

На прикладі Кіровоградської області нами проведено комплексне дослідження рослинницької галузі сільського господарства (с/г) як джерела біоенергетичних ресурсів.

Кіровоградська область розташована уздовж межі двох ґрунтово-кліматичних зон – лісостепу та степу. У зв'язку з цим в області склалися властиві тільки їй специфічні умови с/г виробництва. Наприклад, господарства центральних, північних і західних районів області з недостатнім зволоженням і рівнинно-слабохвилястим рельєфом спеціалізуються на вирощуванні зернових культур (пшениця, ячмінь), цукрових буряків і соняшнику; помірно-посушливих південних і східних районів – зернових культур (пшениці), кукурудзи та соняшнику; Придніпров'я із сильно фрагментованим рельєфом – зернових культур переважно суцільного посіву, сої, ріпаку та кукурудзи.

За даними Держкомстату [1] землі сільськогосподарського призначення Кіровоградської області складають 2458800 га, з них – 2040400 га (8%) займають орні с/г угіддя. Згідно [1], в структурі 17% решти сільгоспугідь можна виокремити: пасовища – 11,1%, сіножаті – 1,2%, насадження

багаторічних трав – 1,1% та ін. Оскільки орні землі становлять понад 80% сільгоспугідь, рослинницьку галузь слід розглядати як перспективне джерело біопалива.

Постановою Кабінету Міністрів України "Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах" визначено норми посівних площ для всіх кліматичних зон країни. Проте реальні дані по площах засіву відрізняються від державних норм, найбільше по соняшнику – на 30-60% [1].

На основі даних Державного центру агропромислового розвитку області було проведено оцінювання маси вторинної сировини рослинництва (солома, стебла, лушпиння та інші непродуктивні частини рослин), яка може бути отримана з орних с/г угідь. Дослідження за три роки проводилися по 13 основних с/г культурах: ярої та озимої пшениці, ярого та озимого ячменю, жита, вівса, ріпаку, гороху, сорго, соняшнику, кукурудзи, сої, гречки.

Оскільки інформація про збір непродуктивної частини рослин зазвичай відсутня, використовуємо опосередкований спосіб розрахунку маси сировини, послуговуючись методикою [2] та даними щодо валового врожаю с/г культур. Розрахунок енергетичного біопотенціалу по районах області проводимо за наступним алгоритмом:

- 1-й крок: за відомими площами посівів та значенням річного валового врожаю визначаємо продуктивність  $P$  зернової частини с/г культур:

$$P = V/S, \tag{1}$$

де  $V$  – валовий врожай, кг/га;  $S$  – площа посівів, га;

- 2-й крок: осереднюємо продуктивність  $P_{CP}$  кожної с/г культури за період спостереження  $T$ :

$$P_{CP} = (\sum P_i)/T, \tag{2}$$

де  $P_i$  – продуктивність певної культури в  $i$ -му році, кг/га;  $T$  – кількість років;

- 3-й крок: обчислюємо біопродуктивність ( $BP$ ) непродуктивної частини с/г культур:

$$BP = P_{CP} \cdot K_{BC}, \tag{3}$$

де  $K_{BC}$  – коефіцієнт вторинної сировини у продукції культури (співвідношення між масою продуктивної та непродуктивної частин рослини [2]);

- 4-й крок – визначаємо біоенергопродуктивність  $E$  (Дж/га) кожної с/г культури:

$$E = BP \cdot Q_{HP}, \tag{4}$$

де  $Q_{HP}$  – нижча робоча теплота згоряння біосировини, Дж/кг;

- 5-й крок – оцінюємо біопродуктивність нетто  $E_H$  культур з урахуванням втрат біомаси при переробці ( $K_{BTP}$ ) та неенергетичного використання сировини ( $K_{EH}$ ) наступним чином:

$$E_H = (1 - K_{BTP}) \cdot K_{EH} \cdot E. \tag{5}$$

Коефіцієнт  $K_{EH}$  відображає частку біосировини, що використовується у тваринництві на корм, санітарно-гігієнічні потреби тощо.

Зведемо значення коефіцієнтів для розрахунку  $E_H$  до таблиці 1.

**Таблиця 1. Розрахункові коефіцієнти для визначення енергопотенціалу непродуктивної частини с/г культур**

С/г культура*	$Q_{HP}$ , кДж/кг	$K_{BC}$	$K_{BTP}$	$K_{EH}$
Жито	15461	1,9	0,1	0,5
Пшениця	17179	1,6	0,1	0,5
Овес	16131	1,6	0,1	0,4
Просо	12570	1,6	0,1	0,5
Гречка	12570	1,9	0,1	0,8
Горох	12570	1,2	0,15	0,5
Рис	12570	1,1	0,1	1
Кукурудза на зерно	13701	1,3	0,25	1
Ячмінь	15922	1,2	0,1	0,6
Ріпак	15335	1,5	0,1	1
Соя	15922	1,3	0,1	1
Соняшник (стебла)	13701	2,2	0,3	1
Соняшник (лушпиння)	15712	0,19	0,05	1

\*Оскільки у сорго стебло є продуктивною частиною рослини, що повністю використовується (наприклад, для виготовлення віників), з подальших розрахунків цю культуру виключаємо.

Оцінимо масу умовного палива, яка може бути отримана по районах, шляхом розрахунку середньорічної біоенергопродуктивності  $E$  (т у.п./га) с/г культур за 2010-2012 рр., звівши результати до таблиці 2.

Таблиця 2. Середньорічна біоенергопродуктивність бруто ( $E$ , т у.п./га) с/г культур по районах за 2010-2012 рр.

Район \ Культура	Пшениця (яра)	Пшениця (озима)	Ячмінь (ярий)	Ячмінь (озимий)	Жито	Овес	Просо	Кукурудза	Гречка	Соняшник	Соя	Ріпак	Середня по району
Бобринецький	0,32	0,42	0,23	0,32	0,58	0,67	0,51	1,60	0,44	1,06	0,82	0,91	<b>0,66</b>
Вільшанський	0,31	0,48	0,24	0,36	0,65	0,92	0,61	2,19	0,48	1,42	0,90	1,01	<b>0,80</b>
Гайворонський	0,32	0,47	0,30	0,38	0,54	1,05	0,72	2,17	0,45	1,42	1,02	1,13	<b>0,83</b>
Голованівський	0,31	0,51	0,24	0,38	0,37	0,98	0,69	2,40	0,36	1,40	1,02	1,13	<b>0,82</b>
Добровеличківський	0,34	0,48	0,21	0,37	0,51	0,79	0,53	2,58	0,45	1,46	0,97	1,07	<b>0,81</b>
Долинський	0,32	0,39	0,21	0,25	0,62	0,68	0,52	1,32	0,31	1,19	0,69	0,77	<b>0,61</b>
Знам'янський	0,31	0,53	0,32	0,40	0,45	0,95	0,74	2,92	0,41	1,69	1,08	1,20	<b>0,92</b>
Кіровоградський	0,36	0,49	0,26	0,36	0,53	0,83	0,65	2,06	0,35	1,48	0,98	1,09	<b>0,79</b>
Компаніївський	0,32	0,42	0,22	0,29	0,55	0,70	0,56	1,57	0,43	1,38	0,96	1,07	<b>0,71</b>
Маловисківський	0,28	0,47	0,24	0,37	0,54	0,92	0,62	2,25	0,46	1,30	0,92	1,02	<b>0,78</b>
Новгородківський	0,28	0,46	0,24	0,31	0,29	0,73	0,58	1,61	0,27	1,31	0,91	1,01	<b>0,67</b>
Новоархангельський	0,30	0,48	0,28	0,41	0,50	1,02	0,76	2,34	0,42	1,37	0,97	1,08	<b>0,83</b>
Новомиргородський	0,29	0,50	0,24	0,36	0,71	0,99	0,65	2,84	0,54	1,54	1,15	1,28	<b>0,91</b>
Новоукраїнський	0,22	0,54	0,28	0,42	0,43	0,94	0,68	2,46	0,45	1,49	0,97	1,08	<b>0,83</b>
Олександрівський	0,16	0,38	0,27	0,28	0,44	0,91	0,75	2,67	0,48	1,34	0,97	1,07	<b>0,81</b>
Олександрійський	0,27	0,59	0,35	0,42	0,44	0,96	0,82	2,60	0,43	1,45	0,92	1,02	<b>0,86</b>
Онуфріївський	0,31	0,53	0,26	0,35	0,45	0,86	0,62	2,04	0,36	1,19	0,77	0,85	<b>0,72</b>
Петрівський	0,32	0,47	0,24	0,36	0,53	0,79	0,55	1,60	0,35	1,27	0,79	0,87	<b>0,68</b>
Світловодський	0,27	0,45	0,22	0,26	0,42	0,61	0,66	2,79	0,42	1,28	1,10	1,22	<b>0,81</b>
Ульянівський	0,37	0,53	0,33	0,41	0,64	1,01	0,76	2,66	0,48	1,39	0,84	0,93	<b>0,86</b>
Устинівський	0,32	0,48	0,27	0,33	0,36	0,77	0,53	1,72	0,35	1,32	0,73	0,81	<b>0,67</b>

З таблиці 2 видно, що по всіх районах області найбільш енергопродуктивними культурами є кукурудза, соняшник, ріпак, овес, соя, жито та пшениця; при цьому соняшник та кукурудза становлять 40-50% від загального енергопотенціалу рослинної біомаси (брутто) по кожному району; вплив енергопотенціалу решти культур є значно нижчим.

Слід зазначити, що в паливному балансі області суттєвий потенціал має соняшникове лушпиння, проте до районних балансів його не включено, оскільки лушпиння доставляється сумісно із зерном для переробки на олієжиркомбінати та є їхньою власністю. З розрахунку також випливає, що внесок у баланс  $E$  гороху (0,01-0,05 т у.п./га) на порядок менший від інших с/г культур, тож ним можна знехтувати. При оцінці  $E$  ярих та

озимих культур (пшениці, ячменю) варто враховувати, що вони мають однакові характеристики і властивості [3, 4] та збираються одночасно.

Слід враховувати, що частину сільськогосподарських площ, відведених під висів кукурудзи, використовують як кормову базу. У кормовому конвеєрі кукурудза на силос, як і багаторічні трави, посідає провідне місце, і у структурі польової кормової площі її посіви становлять 16-25% (на поліссі менше, в лісостепу і степу – більше) [5]. Тому при оцінці біоенергопродуктивності нетто  $E_H$  кукурудзи приймаємо для Кіровоградської області  $K_{EH} = 0,75$ .

Аналіз найбільш енергопродуктивних культур показує, що кукурудза за енергопродуктивністю у більшості районів перевищує соняшник у середньому на 40%.

Таблиця 3. Середньорічна біоенергопродуктивність нетто ( $E_{\text{Б}}$  т у.п./га) с/г культур по районах за 2010-2012 рр.

Район \ Культура	Пшениця (яра)	Пшениця (озима)	Ячмінь (ярий)	Ячмінь (озимий)	Жито	Овес	Просо	Кукурудза	Гречка	Соняшник	Соя	Ріпак	Середня по району
Бобринецький	0,14	0,19	0,17	0,13	0,26	0,24	0,23	1,20	0,32	0,74	0,74	0,82	<b>0,42</b>
Вільшанський	0,14	0,21	0,19	0,13	0,29	0,33	0,27	1,64	0,35	0,99	0,81	0,91	<b>0,51</b>
Гайворонський	0,15	0,21	0,20	0,16	0,24	0,38	0,32	1,63	0,32	0,99	0,92	1,02	<b>0,53</b>
Голованівський	0,14	0,23	0,21	0,13	0,17	0,35	0,31	1,80	0,26	0,98	0,92	1,02	<b>0,53</b>
Добровеличківський	0,15	0,21	0,20	0,12	0,23	0,28	0,24	1,94	0,32	1,02	0,87	0,96	<b>0,53</b>
Долинський	0,14	0,17	0,13	0,11	0,28	0,24	0,23	0,99	0,22	0,83	0,62	0,69	<b>0,38</b>
Знам'янський	0,14	0,24	0,22	0,17	0,20	0,34	0,33	2,19	0,30	1,18	0,97	1,08	<b>0,60</b>
Кіровоградський	0,16	0,22	0,19	0,14	0,24	0,30	0,29	1,55	0,25	1,04	0,88	0,98	<b>0,51</b>
Компаніївський	0,14	0,19	0,16	0,12	0,25	0,25	0,25	1,18	0,31	0,97	0,86	0,96	<b>0,46</b>
Маловисківський	0,13	0,21	0,20	0,13	0,24	0,33	0,28	1,69	0,33	0,91	0,83	0,92	<b>0,51</b>
Новгородківський	0,13	0,21	0,17	0,13	0,13	0,26	0,26	1,21	0,19	0,92	0,82	0,91	<b>0,43</b>
Новоархангельський	0,14	0,22	0,22	0,15	0,23	0,37	0,34	1,76	0,30	0,96	0,87	0,97	<b>0,53</b>
Новомиргородський	0,13	0,22	0,20	0,13	0,32	0,36	0,29	2,13	0,39	1,08	1,04	1,15	<b>0,61</b>
Новоукраїнський	0,10	0,24	0,23	0,15	0,19	0,34	0,31	1,85	0,32	1,04	0,87	0,97	<b>0,54</b>
Олександрівський	0,07	0,17	0,15	0,15	0,20	0,33	0,34	2,00	0,35	0,94	0,87	0,96	<b>0,54</b>
Олександрійський	0,12	0,26	0,23	0,19	0,20	0,35	0,37	1,95	0,31	1,02	0,83	0,92	<b>0,55</b>
Онуфріївський	0,14	0,24	0,19	0,14	0,20	0,31	0,28	1,53	0,26	0,83	0,69	0,77	<b>0,45</b>
Петрівський	0,14	0,21	0,19	0,13	0,24	0,28	0,25	1,20	0,25	0,89	0,71	0,78	<b>0,43</b>
Світловодський	0,12	0,20	0,14	0,12	0,19	0,22	0,30	2,09	0,30	0,90	0,99	1,10	<b>0,55</b>
Ульянівський	0,17	0,24	0,22	0,18	0,29	0,36	0,34	2,00	0,35	0,97	0,76	0,84	<b>0,55</b>
Устинівський	0,15	0,21	0,18	0,15	0,16	0,28	0,24	1,29	0,25	0,92	0,66	0,73	<b>0,42</b>

За рахунок великих площ висіву пшениці (особливо озимої) ця культура посідає третє місце в області за валовим збором соломи.

За результатами розрахунку (таблиця 1) будуємо карту (рис. 1) сумарного біоенергетичного потенціалу (брутто) по районах Кіровоградської області. Видно, що різниця енергетичного потенціалу між крайніми за енергопотенціалом районами досягає 34%. Така різниця спричинена трьома основними факторами:

- належністю південних районів до географічно-кліматичної зони степу – зони ризикованого землеробства з більш різким впливом кліматичних коливань;

- значною різницею за якістю та характером ґрунтового покриву районів;

- недотриманням фермерськими господарствами норм сівозміни.

Після аналізу всіх негативних чинників, що впливають на продуктивність посівних площ, та врахування коефіцієнтів енергопродуктивності і втрат при обробці сировини отримаємо карту енергопотенціалів нетто, яку зображено на рис. 2.

З порівняння середніх значень біоенергетичного потенціалу області  $E_{CP} = 0,78$  т у.п./га (рис. 1) та  $E_{H,CP} = 0,52$  т у.п./га (рис. 2) впливає, що реально досяжний біоенергетичний потенціал становить близько 67% від розрахункового.

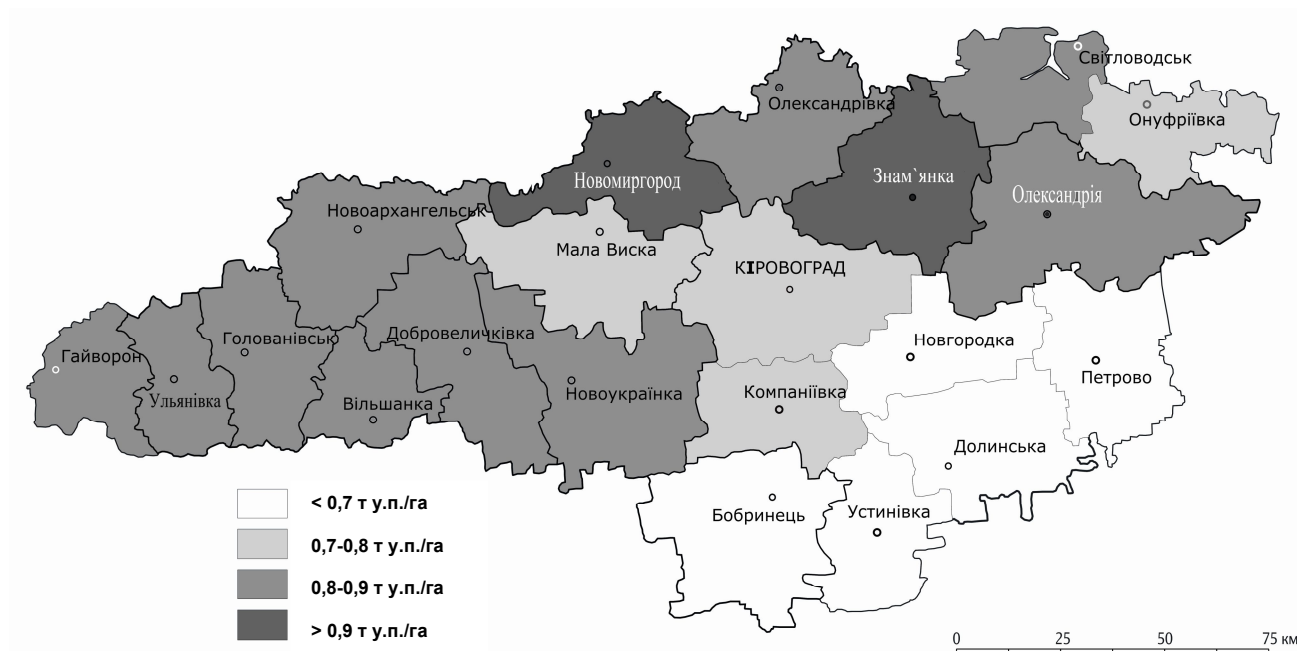


Рис. 1. Карта сумарного біоенергетичного потенціалу (брутто) по районах Кіровоградської області.

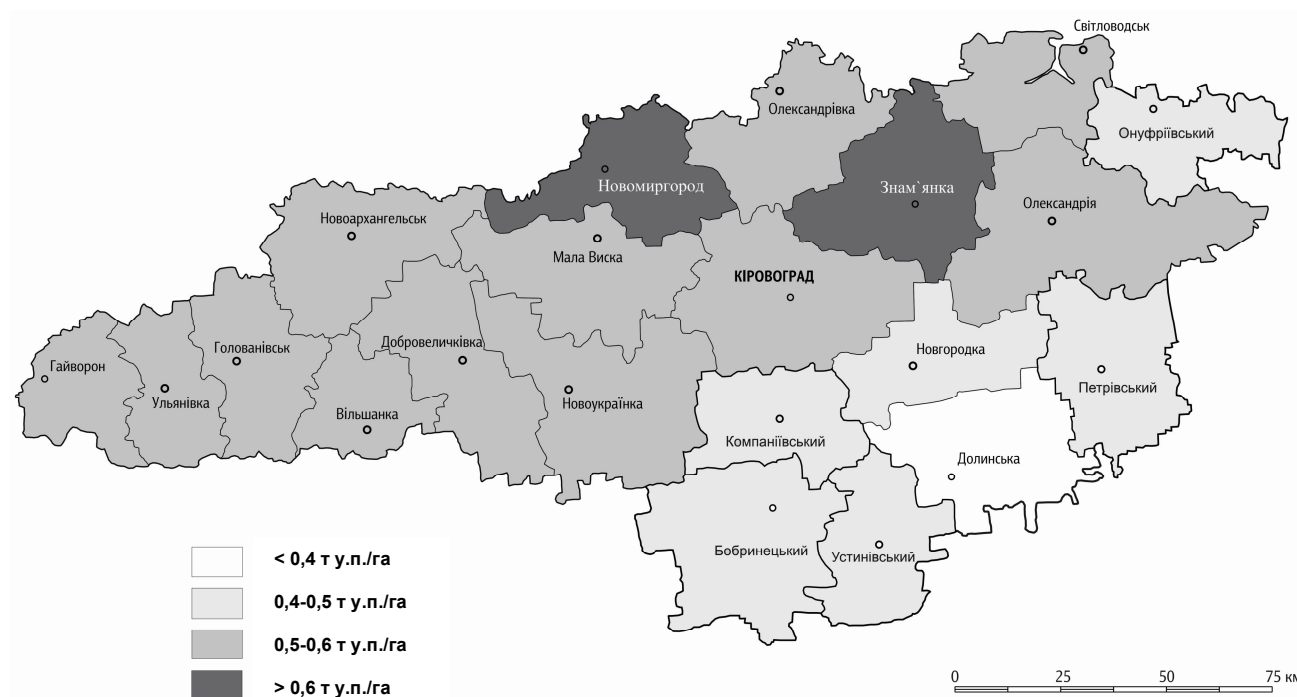


Рис. 2. Карта сумарного нетто-біоенергетичного потенціалу з урахуванням втрат біомаси при переробці та неенергетичного використання сировини.

З розподілу біоенергетичного потенціалу (таблиця 3 та рис. 2) видно, що найвищий сумарний по всіх культурах нетто-біоенергетичний потенціал має Новомиргородський район ( $E_H = 0,6$  т у.п./га), для якого пріоритетними культурами є кукурудза (2,13 т у.п./га), ріпак (1,15 т у.п./га) та соняшник (1,08 т у.п./га). Другим за рівнем біоенергетич-

ного потенціалу є Знам'янський район ( $E_H = 0,6$  т у.п./га), для якого пріоритетними культурами є кукурудза (2,19 т у.п./га), соняшник (1,18 т у.п./га) та ріпак (1,08 т у.п./га). Третім є Олександрійський район ( $E_H = 0,55$  т у.п./га), для якого пріоритетними є кукурудза (1,95 т у.п./га), соняшник (1,02 т у.п./га) та ріпак (0,92 т у.п./га).

Саме в цих районах раціонально споруджувати пелетно-брикетні фабрики і, в першу чергу, здійснювати перехід від традиційних схем опалення (газ, вугілля) до альтернативних.

Найнижчий біоенергетичний потенціал мають Долинський ( $E_{H, \min} = 0,38$  т у.п./га) та Бобринецький райони ( $E_{H, \min} = 0,42$  т у.п./га), але за окремими культурами (кукурудза, ріпак, соняшник) навіть у цих районах досягнуто біоенергопродуктивність доволі високого рівня (0,7-1,9 т у.п./га).

На рис. 1 зображено максимальний рівень сумарного біоенергетичного потенціалу. Для наближення реальних показників (рис. 2) до максимальних необхідно впроваджувати інформаційні та нормативні заходи щодо стимулювання с/г підприємств до збереження вторинної сировини рослинництва та переробки її на біопаливо. Наприклад, у країнах ЄС замість солом'яної підстилки використовують злив відходів до біореакторів, а також впроваджують інші новітні технології в галузі тваринництва, які приводять до зниження  $K_{ВТР}$  та підвищують  $K_{ЕН}$ .

**Висновки.** 1. Проведення порівняльного аналізу районів за біоенергоресурсним потенціалом дозволяє виявляти найпродуктивніші з них, де раціонально споруджувати пелетно-брикетні фабрики і в першу чергу здійснювати перехід від традиційних схем опалення (газ, вугілля) до альтернативних.

2. По всіх районах у природно-кліматичних зонах степу та лісостепу найбільш енергопродуктивними культурами є кукурудза, соняшник,

ріпак, ячмінь, жито та пшениця; при цьому кукурудза з соняшником становить 40-50% від загального енергопотенціалу рослинної біомаси (брутто) по кожному району; вплив енергопотенціалу решти культур є значно нижчим.

3. Оскільки реально досяжний біоенергетичний потенціал становить близько 67% від розрахункового, необхідно впроваджувати новітні технології, які знизять неенергетичне використання сировини ( $K_{ЕН}$ ) в галузі тваринництва (корм, санітарно-гігієнічні потреби тощо) та втрати біомаси при переробці ( $K_{ВТР}$ ). Слід також інтенсифікувати інформаційні та нормативні заходи щодо стимулювання фермерських підприємств до збереження вторинної сировини рослинництва та переробки її на біопаливо.

1. Державна служба статистики України. Доступ до публічної інформації. / Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/metaopus/2013>

2. Тарарико О.Г., Лобаса М.Г. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства – К.:УААН, 1998. – 103 с.

3. Дослідження енергетичного потенціалу регіональних альтернативних джерел для оптимізації паливно-енергетичних балансів / [Плешков П.Г., Кубкін М.В., Серебренніков С.В. та ін.] – Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Техн. науки. "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України" – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 141. – С. 54–57.

4. Ключ С.В. Визначення енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів за період незалежності України // Відновлювана енергетика. 2012. – №3. – С. 71–79.

5. Зінченко О.І. Кормовиробництво. Навчальне видання. – 2-ге вид., доп. і перероб. – К.: Вища освіта, 2005. – 448 с.