

doi: 10.33249/2663-2144-2019-82-9-64-72

UDC 631.371: 620.92

MONITORING OF BY-PRODUCT BIOMASS POTENTIAL FOR ENERGY NEEDS IN UKRAINE**Y. Jarosh, N. Kuharets, V. Kuharets***e-mail: yaroslav.yarosh76@gmail.com, kolobok-777@ukr.net, lidanaz@ukr.net*

Zhytomyr National Agroecological University

7, Staryi Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

By-products of crop production create renewable biopotential to provide agrarian production with alternative energy sources. Biomass received in crop production field may become one of the factors for solving the problem of energy independence, energy cheapening and cause growth of alternative energy sources share in Ukrainian energy balance. The purpose article is the rationale for monitoring potential of by-products biomass of crops for energy needs in Ukraine. Anyway monitoring of current potential of by-products biomass received from crop production should be held in order to reach its resultative usage as an alternative source of energy in Ukraine and regions. In the course of the research, the following methods were used: theoretical generalization, scientific abstraction, statistical-economic.

Crop production was investigated as one of the main biomass sources. Monitoring of crops (winter and spring wheat, winter rye, winter and spring barley, oats, corn) cultivation was held. It was defined that gross harvest of other crops was significantly less than gross harvest of monitored crops.

Available by-products volume and energy potential which can be received from by-product biomass on individual crops in Ukraine as a whole and also by areas were counted using the appropriate coefficients. Potential of by-product biomass for Ukraine energy needs in 2016–2018 was counted. Received result were used as a base for determining possible potential of available energy received from using by-products biomass.

According to the evaluation volume of fuel equivalent received from by-products of crop production in 2016–2018 is 56002,1 thousand tones. Further research will be directed to the development of proposals for improvement use theoretical potential by-product biomass for energy

Key words: *monitoring, potential, crop production, biomass, cereals, energy, fuel equivalent.*

**МОНІТОРИНГ ПОТЕНЦІАЛУ ПОБІЧНОЇ БІОМАСИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР
ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОТРЕБ В УКРАЇНІ****Я. Д. Ярош, М. М. Кухарець, В. В. Кухарець***e-mail: yaroslav.yarosh76@gmail.com, kolobok-777@ukr.net, lidanaz@ukr.net*

Житомирський національний агроекологічний університет

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Побічна продукція рослинництва створює поновлювальний біопотенціал для забезпечення аграрного виробництва альтернативними джерелами енергії. Біомаса галузі рослинництва може стати одним із чинників вирішення проблеми енергетичної незалежності, здешевлення енергії та обумовити зростання в енергетичному балансі України частки альтернативних джерел енергії. Метою статті є обґрунтування необхідності проведення моніторингу потенціалу побічної біомаси зернових культур для забезпечення енергетичних потреб в Україні. Основними завданнями дослідження є проведення моніторингу наявного потенціалу побічної біомаси від виробництва зернових культур в якості альтернативних видів енергії для її результативного використання в Україні та в регіонах. У ході досліджень були використані такі методи: теоретичного узагальнення, наукової абстракції, економіко-статистичний метод.

Досліджено продукцію зернових культур як одне з основних джерел біомаси. Зокрема, проведено моніторинг вирощування наступних зернових культур: пшениця озима і яра, жито озиме, ячмінь озимий і ярий, овес, кукурудза на зерно. Встановлено, що валовий збір інших зернових культур є значно меншим від відібраних культур для проведення моніторингу.

За допомогою відповідних коефіцієнтів було прораховано доступний обсяг побічної продукції та

доступний потенціал енергії, який можна отримати з побічної біомаси рослинництва по окремих зернових культурах по Україні в цілому, а також в розрізі областей. Розраховано потенціал побічної біомаси зернових культур для енергетичних потреб в Україні за 2016–2018 роки, а отримані результати розрахунків стали базою для визначення можливого потенціалу доступної енергії від побічної біомаси.

Згідно з проведеною оцінкою за 2016–2018 роки обсяг умовного палива, отриманого з побічної продукції зернових культур, становить 56002,1 тис. т. Подальші дослідження будуть спрямовуватися на розробку пропозицій щодо удосконалення використання теоретичного потенціалу побічної біомаси зернових культур для енергетичних потреб.

Ключові слова: моніторинг, потенціал, рослинництво, біомаса, зернові культури, енергія, умовне паливо.

Вступ

Незалежний розвиток енергетичного майбутнього України прихований як у використанні альтернативних джерел енергії загалом, так і біомаси рослинницької продукції в якості відновлювального енергетичного ресурсу, зокрема. Швидкий розвиток біоенергетики, що відбувається в сучасному суспільстві, потребує уточнення інформації про можливу ресурсну базу біосировини придатної для виробництва біопалива. Побічна продукція рослинницьких культур, що може бути використана в якості джерела додаткового енергоресурсу, має стати одним із чинників вирішення проблеми енергетичної незалежності, здешевлення енергії та обумовити зростання в енергетичному балансі частки альтернативних джерел енергії як в Україні, так і у світі загалом (*Sastre et al.*, 2014; *Giannoccaro et al.*, 2017).

Енергетичний потенціал окремих видів альтернативного палива досліджували Гелетуха Г. Г., Железна Т. А. (*Heletukha et al.*, 2010; *Heletukha & Zhelezna*, 2014), Клюс С. В. (*Klius*, 2013), Кухарець С. М., Голуб Г. А. (*Kukharets et al.*, *Yarosh & Yarosh*, 2017, *Golub et al.*, 2019;) та інші науковці. Біосировину рослинного походження як фактор зниження енергетичної залежності висвітлено у працях Неміш П. Д. (*Nemish*, 2013), Семірненко Ю. І. (*Semirnenko & Semirnenko*, 2013); як фактор підвищення ефективності підприємств – Месель-Веселяка В. Я. (*Mesel-Veselyak*, 2015). Здебільшого такі дослідження проводились на макрорівні та оцінювали потенціал біосировини для виробництва біопалива спираючись на усереднені статистичні показники.

Незважаючи на велику кількість теоретичних і практичних досліджень оцінки потенціалу використання побічної продукції сільського

господарства загалом та рослинницької продукції зокрема, для енергетичних потреб у науковій літературі, питання моніторингу потенціалу отримання альтернативних джерел енергії з біосировини залишається актуальним та потребує подальшого системного дослідження. Адже, нестача інформації про потенціал побічної біомаси рослинницьких культур для енергетичних потреб створює перешкоди при розробці та впровадженні енергетичних проєктів, як на території конкретного району чи області, так і в окремих підприємствах галузі.

Метою дослідження є обґрунтування необхідності проведення моніторингу потенціалу побічної біомаси зернових культур для забезпечення енергетичних потреб в Україні.

Матеріали та методи

Можливість використання побічної біомаси зернових культур в якості енергоресурсу в різних областях України потребує проведення моніторингу валового збору побічної продукції (соломи) зернових культур та врахування коефіцієнта її використання на енергетичні потреби.

У процесі дослідження використовувалися загальні та спеціальні наукові методи: теоретичного узагальнення, наукової абстракції, економіко-статистичний метод, зокрема, порівняння середніх і відносних величин. Проведено аналіз інформації станом на 31 грудня 2016–2018 років, що дало змогу встановити за регіонами України теоретичний потенціал біомаси по основних зернових культурах, а також обрахувати потенціал доступної біоенергії від побічної продукції основних зернових культур.

Результати досліджень та обговорення

Україна володіє великими обсягами земельних ресурсів для ведення аграрного бізнесу

та спроможна забезпечити не лише потреби в продуктах харчування, але й сировину для біоенергетики. Біомаса побічної продукції рослинництва є вагомим і практично невичерпним джерелом енергії в сучасних умовах (Nemish, 2013).

Солома зернових і зернобобових, стебла кукурудзи, соняшнику та інших культур є

побічною продукцією рослинництва (Heletukha & Zhelezna, 2014), проте є основною сировиною при виробництві біопалива. Теоретичний потенціал побічної продукції зернових культур дорівнює максимально утвореному обсягу соломи цих культур (Klius, 2013). Валовий збір зернових культур, що вирощуються в усіх категоріях господарств в Україні, подано табл. 1.

Таблиця 1. Валовий збір зернових культур, побічна продукція яких придатна для енергетичних потреб в усіх категоріях господарств в Україні, тис. т

Культура	Роки			Разом за 3 роки
	2016	2017	2018	
пшениця озима	25320,7	25398,5	23906,6	74625,8
пшениця яра	722,7	759,5	699,2	2181,4
жито озиме	389,2	505,4	393	1287,6
жито яре	2,4	2,5	0,8	5,7
ячмінь озимий	3637,5	3041	2923,2	9601,7
ячмінь ярий	5798,2	5243,9	4425,9	15468
овес	499,9	471,4	418,5	1389,8
просо	189,7	84,4	80,5	354,6
гречка	176,4	180,4	137	493,8
рис	64,7	63,9	69,2	197,8
кукурудза на зерно	28074,6	24668,8	35801,1	88544,5
сорго	273,7	198,5	194	666,2

Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики.

Для подальшого моніторингу будемо використовувати ті зернові культури сумарний валовий збір яких перевищив за 2016–2018 роки 1 млн т. Основними джерелами отримання побічної продукції вирощування визначено наступні зернові культури: пшениця озима і яра, жито озиме, ячмінь озимий і ярий, овес, кукурудза на зерно.

Деякими дослідниками стверджується, що значні обсяги соломи необхідні для використання у тваринницькій галузі та для удобрення полів (Heletukha et al., 2010). Проте, для потреб сучасного тваринництва використовується невелика кількість соломи (Kukharets et al., 2017).

Багато вітчизняних досліджень (Kuznetsova, 2010) показали, що немає необхідності у використанні великих обсягів соломи і для підтримки родючості ґрунтів. На основі цього у проведених розрахунках було використано коефіцієнт перерахунку на побічну продукцію (Kukharets et al., 2009; Avcioglu et al., 2019) та коефіцієнт переводу в умовне паливо з теплою згоряння 29,3 МДж/кг (Kukharets et al., 2017). Із врахуванням вищевказаних коефіцієнтів було знайдено загальний потенціал доступної побічної продукції основних зернових культур для отримання теплової енергії (табл. 2), що можна відобразити графічно (рис.1).

Таблиця 2. Моніторинг теоретичного потенціалу умовного палива, отриманого з побічної продукції основних зернових культур за 2016–2018 роки по Україні, тис. т ум. п.

Культура	Роки			Разом за 3 роки
	2016	2017	2018	
пшениця озима	8348,2	8373,9	7882,0	24604,1
пшениця яра	238,3	250,4	230,5	719,2
жито озиме	86,7	112,6	87,5	286,8
ячмінь озимий	797,9	667,1	641,2	2106,2
ячмінь ярий	1271,9	1150,3	970,9	3393,1
овес	71,7	67,6	60,1	199,4
кукурудза на зерно	7829,4	6879,6	9984,2	24693,3
разом	18644,2	17501,5	19856,4	56002,1

Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики.

Протягом досліджуваних років відбувалися незначні коливання потенціалу палива, отриманого з побічної продукції зернових культур. Так, у 2017 році порівняно з 2016 роком зменшився потенціал кукурудзи на зерно, вівса, ячменю ярого та озимого на 6,2%, 13,1 %, 5,8%, 10% та 16,4%, відповідно. Збільшення відбулося лише показників пшениці та жита на 5% та 29%,

відповідно. В 2018 році порівняно з 2016 роком зменшився потенціал потенціалу умовного палива, отриманого з побічної продукції майже усіх культур, за якими проводився моніторинг; збільшення відбулося лише кукурудзи на зерно на 28 %. Тому для визначення можливих тенденцій період моніторингу слід розширити.

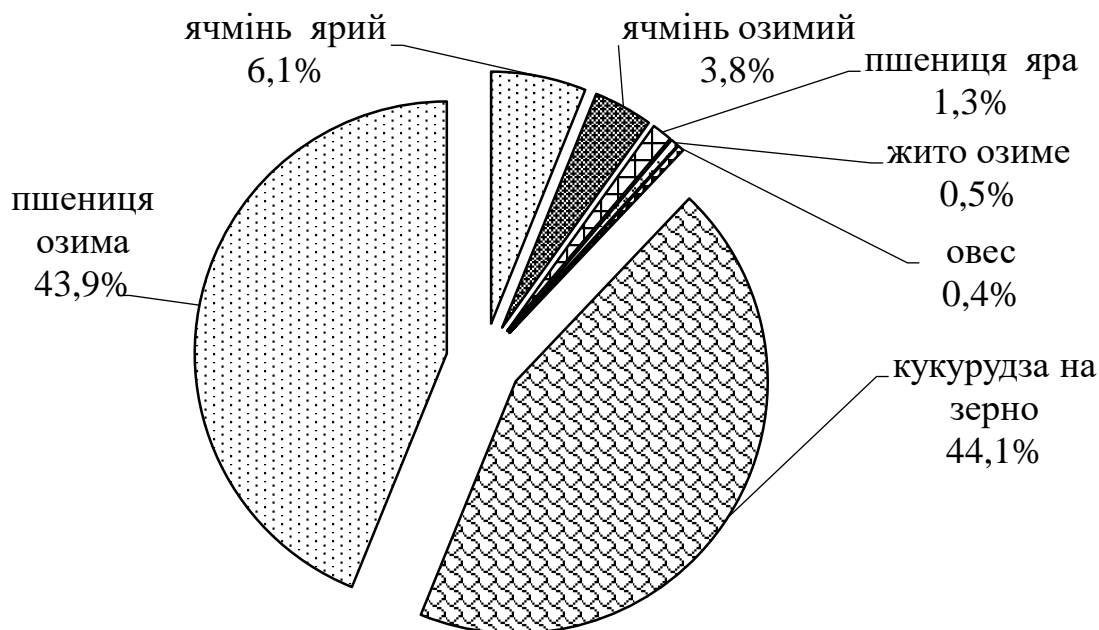


Рис. 1. Розподіл потенціалу умовного палива, отриманого з побічної продукції основних зернових культур в Україні

Проведений моніторинг свідчить, що за 2016–2018 роки сумарний обсяг, який можемо отримати з доступної побічної біомаси основних зернових культур, придатних для виробництва теплової енергії по Україні, рівний 56002,1 тис. т.

умовного палива: в т.ч. пшениця озима – 24604,1 тис.т. ум. п. або 43,9% від загального; кукурудза на зерно – 24693,3 тис.т. ум. п. або 44,1% від загального; ячмінь ярий – 3393,1 тис.т. ум. п. або 6,1% від загального; ячмінь озимий – 2106,2 тис.т.

ум. п. або 3,8% від загального; пшениця яра – 719,2 тис.т. ум. п. або 1,3% від загального; жито озиме, – 286,8 тис.т. ум. п. або 0,5% від загального; овес – 199,4 тис.т. ум. п. або 0,4% від загального.

Враховуючи агрохімічні особливості різних природних зон, наявний потенціал побічної продукції зернових культур на енергетичні

потреби є не рівномірним по регіонах України. Проведено розрахунки потенціалу побічної продукції основних зернових культур для отримання енергетичних ресурсів як по окремих культурах, так і в розрізі областей України. Отримані дані щодо потенціалу енергетичних ресурсів побічної біомаси пшениці наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Моніторинг теоретичного потенціалу умовного палива, отриманого з побічної біомаси пшениці за областями, тис. т ум. п.

Культура	Роки			Разом за 3 роки	Разом за 3 роки, %
	2016	2017	2018		
Одеська	602,8	753,1	776,1	2132,1	8,4
Харківська	724,9	737,6	587,9	2050,4	8,0
Запорізька	652,1	685,5	543,2	1880,8	7,4
Дніпропетровська	658,3	583,8	510,9	1753,0	6,9
Вінницька	596,5	573,1	551,9	1721,4	6,8
Херсонська	580,5	545,0	490,3	1615,7	6,3
Миколаївська	480,8	472,1	447,7	1400,7	5,5
Хмельницька	394,3	433,9	410,0	1238,2	4,9
Полтавська	426,3	318,7	333,3	1078,3	4,2
Донецька	341,6	412,6	298,8	1053,0	4,1
Кіровоградська	373,4	297,8	357,0	1028,2	4,0
Тернопільська	323,1	362,7	341,9	1027,8	4,0
Сумська	362,6	338,8	299,0	1000,5	3,9
Черкаська	423,9	242,7	323,5	990,1	3,9
Київська	323,9	241,8	292,6	858,4	3,4
Чернігівська	250,1	297,9	260,3	808,3	3,2
Львівська	275,9	257,6	255,9	789,4	3,1
Луганська	211,6	311,1	263,1	785,8	3,1
Волинська	215,6	228,2	221,5	665,2	2,6
Житомирська	173,1	182,9	200,1	556,1	2,2
Рівненська	148,4	153,7	153,0	455,2	1,8
Івано-Франківська	102,3	95,9	106,5	304,7	1,2
Чернівецька	67,5	66,8	60,1	194,5	0,8
Закарпатська	38,0	30,9	27,9	96,9	0,4
Разом	8747,6	8624,3	8112,5	25484,5	100,0

Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики.

Здійснений моніторинг засвідчив, що сумарний обсяг умовного палива, який можемо отримати з доступної побічної біомаси пшениці за 2016–2018 рр. найменший в Закарпатській області – 96,9 тис.т (0,4% від загального обсягу) і Чернівецькій області – 194,5 тис.т (0,8% від загального обсягу), а найбільший в Харківській області – 2050,4 тис.т (8,0% від загального обсягу) і Одеській області – 2132,1 тис.т (8,4% від загального обсягу).

Проведений моніторинг потенціалу енергетичних ресурсів, отриманих від побічної

біомаси жита (таблиця 4), дозволив встановити, що сумарний обсяг умовного палива, який можемо отримати з доступної побічної біомаси жита за 2016–2018 рр., найменший в Закарпатській області – 0,09 тис. т (0,03% від загального обсягу). Такий сумарний обсяг є досить низьким і його можна вважати незначимим при подальших дослідженнях. Найбільший – у Житомирській області – 44,6 тис. т (15,5% від загального обсягу) та Чернігівській області – 46,5 тис. т (16,2% від загального обсягу).

Таблиця 4. Моніторинг теоретичного потенціалу умовного палива, отриманого з побічної біомаси жита за областями, тис. т ум. п.

Культура	Роки			Разом за 3 роки	Разом за 3 роки, %
	2016	2017	2018		
Чернігівська	13,5	19,0	14,1	46,5	16,2
Житомирська	11,0	19,6	14,0	44,6	15,5
Волинська	14,4	16,7	13,5	44,6	15,5
Рівненська	10,9	14,3	14,2	39,4	13,7
Київська	5,4	6,2	5,4	17,0	5,9
Сумська	5,7	6,0	4,6	16,3	5,7
Львівська	3,3	4,8	4,5	12,6	4,4
Хмельницька	2,5	6,7	2,4	11,6	4,0
Полтавська	2,8	3,1	3,0	8,9	3,1
Харківська	3,7	2,4	1,0	7,1	2,5
Івано-Франківська	1,8	2,5	1,4	5,7	2,0
Дніпропетровська	2,4	1,6	1,3	5,2	1,8
Тернопільська	1,6	1,3	1,6	4,4	1,5
Черкаська	1,8	1,4	1,3	4,4	1,5
Донецька	1,1	1,8	1,2	4,1	1,4
Луганська	1,2	1,3	1,2	3,8	1,3
Вінницька	0,98	1,5	1,02	3,5	1,2
Херсонська	1,2	1,2	0,8	3,1	1,1
Запорізька	0,62	0,51	0,29	1,4	0,5
Кіровоградська	0,49	0,45	0,27	1,2	0,42
Чернівецька	0,33	0,29	0,27	0,89	0,31
Одеська	0,29	0,36	0,20	0,85	0,29
Миколаївська	0,22	0,16	0,16	0,53	0,19
Закарпатська	0,02	0,04	0,02	0,09	0,03
Разом	87,1	113,1	87,7	287,9	100,0

Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики.

В табл. 5 наведено отримані дані по потенціалу енергетичних ресурсів, отриманих від побічної біомаси ячменю. Здійснений моніторинг засвідчив, що сумарний обсяг умовного палива, який можемо отримати з доступної побічної біомаси ячменю за 2016–2018 рр., найменший у Закарпатській області – 7,6 тис. т (0,1% від загального обсягу) і Чернівецькій області – 46,1

тис. т (0,9% від загального обсягу). Такі значення показника (до 1% від загального) слід приймати за незначні та не враховувати при подальших дослідженнях. Найбільший обсяг – в Миколаївській області – 522,2 тис. т (10,0% від загального обсягу) і Одеській області – 764,2 тис. т (14,6% від загального обсягу).

Таблиця 5. Моніторинг теоретичного потенціалу умовного палива, отриманого з побічної біомаси ячменю за областями, тис. т ум. п.

Культура	Роки			Разом за 3 роки	Разом за 3 роки, %
	2016	2017	2018		
1	2	3	4	5	6
Одеська	237,1	278,2	248,9	764,2	14,6
Миколаївська	205,1	168,9	148,2	522,2	10,0
Дніпропетровська	145,8	149,7	117,7	413,2	7,9
Херсонська	125,1	107,1	86,4	318,6	6,1
Тернопільська	88,4	116,8	108,4	313,6	6,0
Запорізька	110,9	116,3	78,7	305,9	5,8

Закінчення таблиці 5

1	2	3	4	5	6
Харківська	96,2	107,2	98,9	302,2	5,8
Вінницька	96,4	102,9	86,6	285,9	5,4
Хмельницька	90,8	100,0	90,6	281,4	5,4
Кіровоградська	89,7	70,8	71,2	231,7	4,4
Полтавська	78,1	66,9	67,6	212,5	4,0
Донецька	55,5	77,7	46,0	179,2	3,4
Київська	65,1	48,2	56,9	170,2	3,2
Львівська	47,4	56,1	50,9	154,4	2,9
Черкаська	65,1	41,6	44,5	151,2	2,9
Рівненська	40,5	42,5	40,9	123,9	2,4
Сумська	39,5	31,6	40,6	111,7	2,1
Івано-Франківська	26,4	26,9	25,2	78,5	1,5
Волинська	25,9	23,2	23,6	72,8	1,4
Житомирська	24,8	22,6	22,1	69,5	1,3
Луганська	23,5	25,1	20,0	68,6	1,3
Чернігівська	23,2	17,6	21,7	62,5	1,2
Чернівецька	14,8	17,0	14,4	46,1	0,9
Закарпатська	3,0	2,5	2,1	7,6	0,1
Разом	1818,1	1817,4	1612,1	5247,6	100,0

Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики.

В таблиці 6 наведено отримані дані по теоретичному потенціалу енергетичних ресурсів, отриманих від побічної біомаси вівса. Здійснений моніторинг засвідчив, що сумарний обсяг умовного палива, який можемо отримати з доступної побічної біомаси вівсу за 2016–2018

рр., найменший в Запорізькій області – 0,82 тис.т (0,41% від загального обсягу) і Кіровоградській області – 0,82 тис.т (0,41% від загального обсягу), а найбільший – у Житомирській області – 29,9 тис.т (15,1% від загального обсягу) і Волинській області – 35,3 тис.т (17,8% від загального обсягу).

Таблиця 6. Моніторинг теоретичного потенціалу умовного палива, отриманого з побічної біомаси вівса за областями, тис. т ум. п.

Культура	Роки			Разом за 3 роки	Разом за 3 роки, %
	2016	2017	2018		
1	2	3	4	5	6
Волинська	13,2	11,1	11,0	35,3	17,8
Житомирська	7,4	11,4	11,1	29,9	15,1
Чернігівська	10,0	9,4	7,6	27,0	13,6
Рівненська	6,4	7,0	6,8	20,3	10,3
Львівська	6,3	5,6	3,6	15,6	7,9
Сумська	4,3	4,0	3,8	12,1	6,1
Хмельницька	2,4	2,8	2,6	7,7	3,9
Харківська	3,0	2,1	2,0	7,1	3,6
Київська	2,9	1,6	1,7	6,2	3,1
Івано-Франківська	1,9	1,8	1,7	5,4	2,7
Тернопільська	1,9	1,9	1,5	5,3	2,7
Полтавська	1,8	1,3	1,6	4,7	2,4
Луганська	1,3	1,2	1,1	3,6	1,8
Донецька	0,99	1,3	0,70	3,0	1,5
Одеська	1,1	1,2	0,29	2,6	1,3
Закарпатська	0,92	0,73	0,75	2,4	1,2
Вінницька	0,89	0,62	0,37	1,9	1,0
Черкаська	0,76	0,33	0,46	1,5	0,8

Закінчення таблиці 6

1	2	3	4	5	6
Дніпропетровська	0,56	0,56	0,32	1,4	0,7
Херсонська	0,55	0,40	0,27	1,2	0,62
Миколаївська	0,42	0,37	0,30	1,1	0,55
Чернівецька	0,32	0,32	0,23	0,86	0,44
Кіровоградська	0,50	0,20	0,11	0,82	0,41
Запорізька	0,33	0,40	0,09	0,82	0,41
Разом	70,1	67,6	60,1	197,8	100,0

Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики.

Слід відмітити, що протягом досліджуваних 2016–2018 років теоретично можливий потенціал палива, отриманого з побічної біомаси пшениці, ячменю, вівса зменшувався не лише по окремих областях, а й по Україні загалом. Так, у 2018 році порівняно з 2016 роком потенціал пшениці зменшився на 7,3 %, ячменю – на 11,3 %, вівса – на 14,3%. Збільшення теоретично можливого потенціалу відбулось лише біомаси кукурудзи на зерно, як по Україні на – 53%, так і в усіх досліджуваних областях (таблиця 7).

В таблиці 7 наведено отримані дані по

потенціалу енергетичних ресурсів, отриманих від побічної біомаси кукурудзи на зерно. Здійснений моніторинг засвідчив, що сумарний обсяг умовного палива, який можемо отримати з доступної побічної біомаси кукурудзи на зерно за 2016–2018 рр., найменший у Запорізькій області – 112,1 тис.т (0,48% від загального обсягу) і Волинській області – 158,8 тис.т (0,68% від загального обсягу), а найбільший – в Чернігівській області – 2557,5 тис.т (10,9% від загального обсягу) і Полтавській області – 3196,4 тис.т (13,7% від загального обсягу).

Таблиця 7. Моніторинг теоретичного потенціалу умовного палива, отриманого з побічної біомаси кукурудзи на зерно за областями, тис. т ум. п.

Культура	Роки			Разом за 3 роки	Разом за 3 роки, %
	2016	2017	2018		
Полтавська	1014,0	808,1	1374,2	3196,4	13,7
Чернігівська	686,3	798,5	1072,7	2557,5	10,9
Сумська	651,7	665,9	912,9	2230,5	9,5
Вінницька	411,9	712,4	1046,2	2170,5	9,3
Черкаська	587,4	534,4	937,9	2059,7	8,8
Київська	409,1	445,4	788,9	1643,4	7,0
Кіровоградська	474,9	437,4	632,7	1544,9	6,6
Хмельницька	312,5	422,8	586,1	1321,4	5,7
Харківська	398,2	265,2	399,5	1062,9	4,5
Дніпропетровська	311,2	287,1	370,8	969,1	4,1
Житомирська	195,5	303,4	419,6	918,6	3,9
Тернопільська	210,0	240,1	280,4	730,5	3,1
Одеська	127,4	142,9	200,2	470,5	2,0
Миколаївська	119,5	105,6	159,4	384,5	1,6
Рівненська	102,0	114,4	132,7	349,1	1,5
Чернівецька	68,2	87,1	92,2	247,5	1,1
Львівська	68,1	75,6	99,9	243,5	1,04
Івано-Франківська	61,7	81,4	91,3	234,4	1,00
Херсонська	55,8	83,1	81,7	220,7	0,94
Закарпатська	54,1	76,5	75,9	206,5	0,88
Луганська	57,6	50,6	63,2	171,3	0,73
Донецька	56,8	58,6	49,8	165,2	0,71
Волинська	33,4	44,9	80,5	158,8	0,68
Запорізька	38,4	38,1	35,6	112,1	0,48
Разом	6505,6	6879,6	9984,2	23369,4	100,0

Джерело: розраховано за даними Державної служби статистики.

Необхідно відзначити, що на основі проведеного дослідження чітко виділяються області з найменшим теоретичним потенціалом умовного палива, отриманого з побічної біомаси усіх розглянутих зернових культур. При цьому, найвищий потенціали досліджуваних культур мають різні області України. Зокрема, це Полтавська – кукурудза на зерно, Волинська – овес, Одеська – ячмінь та пшениця, Чернігівська – жита. Комплексна оцінка теоретичного потенціалу дає можливість сформулювати чітку позицію щодо використання побічної продукції для енергетичних потреб по областях та в розрізі культур.

Висновки

Згідно з проведеним моніторингом за 2016–2018 роки обсяг умовного палива, отриманого з побічної продукції зернових культур, становить 56002,1 тис. т. Такий обсяг палива зміг би замінити використання 74669 т вугілля; 48278 тис. м³ природного газу; 210534 куб. м дров (у щільному вимірі); 193111 т паливного торфу. Проте, для більш точних прогнозів та виявлення певних тенденцій отримання теоретично можливого біопалива потрібно проводити моніторинг ще протягом декількох років.

Перспективою подальших досліджень є визначення загального обсягу умовного палива з доступної побічної продукції аграрного виробництва, придатної для конверсії у біопаливо з врахуванням досягнутого рівня виробництва протягом 2019–2021 років.

References

- Avcioğlu, A. O., Dayioğlu, M. A., & Türker, U. (2019). Assessment of the Energy Potential of Agricultural Biomass Residues in Turkey. *Renewable Energy*, 138 (C), 610–619. doi:10.1016/j.renene.2019.01.053.
- Giannoccaro, G., de Gennaro, B. C., De Meo, E., & Prospero, M. (2017). Assessing farmers' willingness to supply biomass as energy feedstock: Cereal straw in Apulia (Italy). *Energy Economics*, 61, 179–185. doi:10.1016/j.eneco.2016.11.009.
- Golub, G., Kukharets, S., Yarosh, Y. & Zavadzka, O. (2019). Structural models of agroecosystems and calculation of their energy autonomy. *Engineering for rural development*, 18, 1344–1350. doi:10.22616/ERDev2019.18.N073.
- Heletukha, H. H., Zhelezna, T. A. & Zhovmir, M. M. (2010). Otsinka enerhetychnoho potentsialu biomasy v Ukraini. Ch. 1. Vidkhody silskoho hospodarstva ta derevynna biomasa [Assessment of biomass energy potential in Ukraine. Part 1. Agricultural waste and wood biomass]. *Promyslova teplotekhnika*, 32 (5), 58–65 [in Ukrainian].
- Heletukha, H. H. & Zhelezna, T. A. (2014). Perspektyvy vykorystannya vidkhodiv silskoho hospodarstva dlya vyrobnytstva enerhiyi v Ukraini [Prospects for the use of agricultural waste for energy production in Ukraine]. *Analitichna zapiska BAU*, 7, 3–31 [in Ukrainian].
- Klius, S. V. (2013). Vyznachennia chastyky solomy ta roslynnykh vidkhodiv dlia enerhetychnoho vykorystannya [Determination of straw and vegetable waste fraction for energy use]. *Vidnovliuvana enerhetyka*, 4 (36), 82–85 [in Ukrainian].
- Kukharets, S. M., Yarosh, Ya. D. & Yarosh, S. V. (2017). Otsinka potentsialu syrovyny roslynnoho pokhodzhennia dlia teplovykh potreb u Zhytomyrskii oblasti [Estimation of potential of raw materials of vegetable origin for heat needs in Zhytomyr region]. *Visnyk ZhNAEU*, 1, 230–240 [in Ukrainian].
- Kukharets, V. V., Biletskyi, V. R. & Vyhovskyi, S. M. (2009). Enerhetychnyi potentsial solomy v raionakh Zhytomyrskoi oblasti [Energy potential of straw in areas of Zhytomyr region]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 134 (2), 74–80 [in Ukrainian].
- Kuznetsova, A. (2010). Vykorystannya solomy v Ukraini – mozhlyvosti ta perspektyvy: nimetsko-ukrainskyi ahrarnyi dialoh [The use of straw in Ukraine - opportunities and prospects: German-Ukrainian agrarian dialogue]. Kyiv : Instytut ekonomichnykh doslidzen ta politychnykh konsultatsii [in Ukrainian].
- Mesel-Veselyak, V. Ya. (2015). Vyrobnytstvo alternatyvnykh vydiv enerhetychnykh resursiv yak faktor pidvyshchennia efektyvnosti silskohospodarskykh pidpriemstv [Production of alternative types of energy resources as a factor in improving the efficiency of agricultural enterprises]. *Ekonomika APK*, 2, 18–28 [in Ukrainian].
- Nemish, P. D. (2013). Potentsial biomasy yak faktor znyzhennia enerhetychnoi zalezhnosti rehionu [Biomass potential as a factor in reducing the region's energy dependence]. *Innovatsiina ekonomika*, 6, 148–153 [in Ukrainian].
- Sastre, C. M., Maletta, E., González-Arechavala, Y., Ciria, P., Santos, A. M., del Val, A. ... Carrasco, J. (2014). Centralised electricity production from winter cereals biomass grown under central-northern Spain conditions: Global warming and energy yield assessments. *Applied Energy*, 114, 737–748. doi:10.1016/j.apenergy.2013.08.035.
- Semirnenko, Yu. I. & Semirnenko, S. L. (2013). Otsinka enerhetychnoho potentsialu solomianoї biomasy [Estimation of the energy potential of straw biomass]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv*, 10, 136–139 [in Ukrainian].