

УДК 631.1:502/504

Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Прищепя А. М., к.с.-г.н., професор, Статник І. І., к.с.-г.н., доцент, Брежицька О. А., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

БІОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОЛОМИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР РІВНЕНЩИНИ

Оцінено обсяги накопичення соломи зернових культур на території Рівненщини та проаналізовано енергетичні показники доцільності різних напрямів її утилізації

Ключові слова: біоенергетичний потенціал, солома зернових культур, біомаса, добриво, джерело енергії, енергетична ефективність, утилізація.

Вступ. Розвиток біоенергетики у світі та Україні набуває значного поширення, що пов'язано із досить високим загальним енергетичним потенціалом біомаси різних джерел, її високою калорійністю, доступністю методів підготовки до спалювання та порівняно невисокими питомими показниками викидів забруднюючих речовин. Так, перехід від спалювання вугілля до біомаси рослин дозволяє зменшити викиди парникових газів не менше 40% (у еквіваленті CO₂) [1]. Оскільки сільське господарство України зорієнтовано переважно на рослинництво, у якому посівні площі зернових культур займають 55,1% (в середньому за 2012-2016 рр.) [2], то постає закономірне питання щодо найбільш енергетично вигідних напрямів утилізації соломи зернових культур. Рівненська область має специфічні умови розвитку як рослинництва, так і біоенергетики у зв'язку із розташуванням у двох природно-географічних зонах – Полісся та Лісостепу.

Дослідження та обґрунтування збалансованих методів утилізації соломи зернових культур передбачали: розрахунки обсягів утворення соломи зернових, загальної потреби в соломі на корм та підстилку тваринам, обсягів утворення традиційного органічного добрива (гною ВРХ підстилкового), насичення ріллі органічними добривами (за рахунок гною ВРХ підстилкового), оцінку дефіциту насичення ріллі органікою, розрахунок частки покриття дефіциту насичення ріллі органікою (за рахунок надлишку соломи зернових, якщо надлишок існує), розрахунок та порівняння сумарних енергозатрат на використання надлишку соломи в якості добрива та в якості палива і врешті вибір найбільш оптимального варіанту поводження із надлишком соломи.

Аналіз літературних джерел із проблем оцінки енергетичного потенціалу біомаси показав, що значний внесок у вирішення питання розвитку сировинних ресурсів для виробництва твердого біопалива здійснили такі вчені: О.Ю. Абашева, В.І. Бойко, М.С. Габрель [1], В.П. Галушко, В.О. Дубровін, Л.І. Калашнікова, І.Г. Кириленко, А.А. Короткіх, Г.М. Калетнік, С.А. Лопатіна, В.М. Павліський [4], Р.Г. Сафін, Н.Ф. Тімербаєв та багато інших. Біомаса є четвертим за значенням паливом у світі, поступаючись нафті, газу та вугіллю. За рахунок використання біомаси покривається близько 1250 млн т у. п. енергії, що складає $\approx 15\%$ первинних енергоносіїв у світі (у країнах, що розвиваються, – до 38%).

Біомаса відіграє важливу роль і у промислово розвинутих країнах – близько 2,8% від загального енергоспоживання і має постійну тенденцію до зростання (Швеція, Фінляндія – до 20%) [3]. У Європейському Союзі споживання біомаси за декілька останніх років збільшилось. Україна виявляє підвищений інтерес до відновлювальної енергії. Згідно енергетичної стратегії України на період до 2030 року, намічена частка використання відновлювальних джерел енергії на кінець 2030 р. дорівнюватиме 24,6 Мт.н.е. (17,5% СПЕ) [3]. Вагому частку у структурі енергетичної біомаси повинна посісти побічна продукція галузі рослинництва, більшу частину якої представляє солома зернових сільськогосподарських культур [3; 4]. Територія Рівненщини розглядається як потенційно приваблива для освоєння біоенергетичного потенціалу соломи зернових [4]. Проте питання оцінки біоенергетичного потенціалу соломи зернових культур Рівненської області досліджене в наукових джерелах недостатньо, а оцінка ефективності альтернативних варіантів утилізації соломи взагалі не проводилася.

Методика досліджень. Дослідження біоенергетичного потенціалу соломи зернових культур проводилися на основі розрахунків обсягів збору соломи за врожайністю основної продукції зернових культур та площами їх посівів на території адміністративних районів Рівненської області в середньому за період 2001-2016 рр. згідно статистичних даних [5]. Витрати енергії на утилізацію соломи на органічне добриво та паливо (у вигляді солom'яних пелет) встановлювалися на основі технологічних карт застосування соломи у якості органічного добрива та виробництва пелет з урахуванням транспортних витрат на перевезення сировини до 10 км [6].

Постановка завдання. Метою досліджень є оцінка потенціалу соломи зернових культур на території Рівненщини у якості джерела енергії та органічного добрива.

Об'єктом досліджень є процеси утилізації соломи в напрямку удобрення ґрунтів та виробництва пелет із соломи для потреб біоенергетики.

Предметом досліджень є показники обсягів утворення соломи на території Рівненщини, дефіциту органічних добрив, енергетичної ефективності утилізації соломи на добриво та біопаливо.

Результати досліджень. Проведені розрахунки обсягів утворення соломи зернових культур показали, що при середніх значеннях посівних площ та середньозваженій врожайності зернових за період 2012-2016 рр. по Рівненській області, які становлять відповідно 273 тис. га та 41 ц/га зерна, розрахунково можливий збір соломи зернових становить 2065 тис. т/рік (див. табл. 1). Цей показник значно коливається за адміністративними районами Рівненської області – від 22,6 тис. т/рік (Зарічненський р-н) до 296,6 тис. т/рік (Млинівський р-н). Це пов'язано із тим, що близько 2/3 площі області лежить в межах природно-географічної зони Полісся, решта території – в межах зони Лісостепу. Тому площі посівів зернових культур та їхній видовий склад і врожайність істотно відрізняються. Відрізняються райони області і за рівнем розвитку тваринництва, більшу частку якого зосереджено в поліських районах області, тоді як в цих же районах виробництво зерна і соломи – найменше.

Розрахунок обсягів утворення соломи, придатної для кормів (в середньому 70% соломи пшениці та вівса) показав, що загальний обсяг такої соломи в Рівненській області становить 186,3 тис. т/рік і суттєво коливається по районах області: найменше (2,5 тис. т/рік) – у Дубровицькому районі, найбільше (28,6 тис. т/рік) – у Млинівському районі. При цьому обсяги існуючої потреби в соломі на корм для тварин по області в цілому сягають 183,3 тис. т/рік, відсоток покриття максимально можливої потреби в соломі на корм тварин становить для області в середньому 123,3% (надлишок покриття сягає 23,3%). При цьому у Рокитнівському, Дубровицькому, Зарічненському, Сарненському, Володимирецькому, Березнівському, Костопільському районах існує дефіцит соломи навіть для корму тварин (від 39,8% до 78,9%). В районах Лісостепу навпаки – існує надлишок виробництва соломи, придатної для корму тварин (від 60,3% до 158,3%).

Таблиця 1

Розрахункові обсяги утворення соломи зернових культур в Рівненській області, середнє за 2009-2016 рр.

Адміністративна одиниця (область / район)	Посівна площа, тис. га		Розрахунковий збір врожаю соломи за сільськогосподарськими культурами, тис. т / рік						Сумарний збір соломи, тис. т / рік
	загальна	зернові	пшениця	жито	ячмінь	кукурудза	овес	просо	
Рівненська обл.	541	273	629	373	202	796	64,1	0,09	2065
Березнівський	21,5	9,42	15,0	13,9	5,73	11,9	2,28	0,01	48,8
Володимирецький	24,2	9,91	12,8	11,3	5,41	12,6	1,91	0,00	44,0
Гощанський	44,1	23,4	60,0	59,2	19,3	67,6	5,23	0,02	211
Демидівський	23,9	15,2	33,9	25,1	10,8	48,8	3,50	0,00	122
Дубенський	54,2	32,7	73,7	36,9	22,3	108	6,84	0,00	248
Дубровицький	18,8	4,93	7,32	6,52	2,45	5,33	1,21	0,00	22,6
Зарічненський	17,0	6,75	10,1	9,83	3,43	8,52	1,94	0,00	33,8
Здолбунівський	31,7	20,4	50,7	38,6	15,8	74,2	5,68	0,00	185
Корецький	33,7	20,5	44,7	30,7	15,3	45,7	4,56	0,02	141
Костопільський	27,0	7,14	10,8	8,54	4,4	11,1	1,60	0,01	36,4
Млинівський	59,9	33,7	90,4	63,0	29,3	103	11,5	0,00	297
Острозький	31,1	18,6	45,1	22,1	14,6	63,9	3,39	0,00	149
Радивилівський	43,5	23,6	66,2	34,0	17,0	51,6	4,88	0,00	174
Рівненський	55,0	31,6	66,2	43,8	19,1	83,1	6,50	0,03	219
Рокитнівський	26,4	5,32	9,31	8,22	2,73	10,0	1,34	0,00	31,6
Сарненський	27,4	10,1	14,4	12,9	6,21	13,9	2,27	0,01	49,7

Розрахунки загальної потреби в обсягах соломи для підстилки тваринам (це решта 30% соломи пшениці та вівса та вся солома жита, ячменю, проса, поверхневi рештки кукурудзи,) показали, що в сумі по області така потреба становить 216,3 тис. т/рік і при існуючому сумарному обсягу виробництва соломи (2065 тис. т/рік) повністю задовольняється (див. табл. 2).

При цьому сумарна потреба у солomі на корм та підстилку для тварин по області становить 364,8 тис. т/рік. За таких умов реально можливий надлишок виробництва соломи по області в цілому сягає 1700,0 тис. т/рік, але даний показник дуже різко коливається в різних районах області: від -1,1...+26,6 тис. т/рік у районах Полісся до +110,2...+267,3 тис. т/рік у районах Лісостепу.

Таким чином у одному із районів Рівненщини (Дубровицькому) існує дефіцит соломи для первинних потреб тваринництва – корму і підстилки, який оцінюється у 1,1 тис. т/рік. Цей дефіцит найбільш доцільно замінити іншими видами кормів (силосом, коренеплодами) та підстилки (тирса, торф), які виробляються на території даного району, оскільки транспортні витрати на привозну солому не окупляться вигодами від її застосування. Отже, розрахунки показали, що надлишки соломи зернових культур в області існують. Але на території Рівненщини, як і України в цілому існує дуже актуальна проблема – прискорена дегуміфікація ґрунтів, яка веде за собою цілий комплекс процесів їхньої деградації та зменшення родючості. Основною безпосередньою причиною дегуміфікації є недостатній рівень удобрення ґрунтів органічними добривами. В якості найбільш доступної та дешевої альтернативи традиційним органічним добривам – гною ВРХ підстилкового може бути той же існуючий надлишок соломи. Тому необхідно було перевірити, чи покриває даний надлишок дефіцит потреби ріллі у органічних добривах (якщо це так, то в області є реальний надлишок соломи зернових культур, який можна було б використати у якості палива).

Розрахунки обсягів виробництва традиційних органічних добрив (гною підстилкового ВРХ, свиней, овець, кіз та пташиного посліду) показали, що сумарний вихід гною підстилкового по області в цілому становить 1307,8 тис. т/рік (див. табл. 3), а розрахунково можлива насиченість ріллі гноєм підстилковим напівперепрілим по області в середньому сягає 2,44 т/(га рік). При цьому середній норматив насичення ріллі області гноєм підстилковим напівперепрілим становить 13 т/га. Тому існує дефіцит насичення ріллі гноєм підстилковим, який становить -10,6 т/(га рік). При цьому максимальний показник дефіциту насичення ріллі гноєм формуються на території Костопільського району і становлять -11,7 т/(га рік), мінімальний показник дефіциту (-9,36 т/(га рік)) формується на території Здолбунівського району.

Таблиця 2

Господарські потреби у соломі на території Рівненської області, середнє за 2009-2016 рр.

Адміністративна одиниця (область / район)	Річна потреба у підстилці (солома), тис. т/рік	Річна потреба у соломі на корм, тис. т / рік		Орієнтовні сумарні річні витрати соломи у тваринництві (корм+підстилка), тис. т/рік		Можливий надлишок соломи для інших потреб, тис. т / рік
		мінімальна	максимальна	мінімальні	максимальні	
Рівненська обл.	214	60,5	151	274	365	1700
Березнівський	12,5	3,89	9,7	16,4	22,2	26,6
Володимирецький	15,2	4,29	10,7	19,5	25,9	18,1
Гоцанський	12,6	3,96	9,9	16,5	22,5	189
Демидівський	7,90	1,55	3,9	9,5	11,8	110
Дубенський	16,7	5,08	12,7	21,8	29,4	218
Дубровицький	13,0	4,32	10,8	17,3	23,8	-1,10
Зарічненський	11,0	3,50	8,7	14,5	19,8	14,0
Здолбунівський	15,1	2,97	7,4	18,1	22,5	162
Корецький	10,5	3,23	8,1	13,8	18,6	122
Костопільський	9,70	2,81	7,0	12,5	16,7	19,7
Млинівський	17,8	4,62	11,6	22,4	29,3	267
Острозький	9,51	2,64	6,6	12,1	16,1	133
Радивилівський	12,8	3,63	9,1	16,4	21,9	152
Рівненський	16,8	3,53	8,8	20,3	25,6	193
Рокитнівський	15,2	5,38	13,4	20,6	28,7	2,90
Сарненський	16,7	5,05	12,6	21,8	29,4	20,3

Аналіз проблеми виробництва традиційних органічних добрив на території Рівненської області

Адміністративна одиниця (область / район)	Сумарний вихід гною підс- тилкового (ВРХ+свині), тис. т / рік	Сумарний вихід пта- шиного пос- лїду, тис. т / рік	Розрахунково можлива на- сиченість ріллі гноєм, т / (га рік)	Дефіцит гною ВРХ підстилко- вого, тис. т / рік	Частка добрива у форму- ванні насиченості ріллі ор- ганікою, %	
					гній підстилковий	пташиний послід
Рівненська обл.	1308	13,6	2,44	-5708	99,0	1,03
Березнівський	79,2	1,55	3,76	-220	98,1	1,92
Володимирецький	93,1	0,85	3,88	-245	99,1	0,90
Гощанський	80,0	0,60	1,83	-449	99,3	0,75
Демидівський	44,0	0,48	1,86	-242	98,9	1,08
Дубенський	105	0,65	1,95	-545	99,4	0,62
Дубровицький	84,3	0,58	4,51	-178	99,3	0,69
Зарічненський	70,5	0,42	4,17	-167	99,4	0,59
Здолбунівський	83,2	0,59	2,64	-297	99,3	0,70
Корецький	66,2	0,54	1,98	-338	99,2	0,81
Костопільський	59,6	0,55	2,23	-318	99,1	0,91
Млинівський	106	1,20	1,80	-611	98,9	1,11
Острозький	57,0	0,44	1,85	-316	99,2	0,76
Радивилівський	77,7	2,38	1,84	-442	97,0	2,98
Рівненський	93,2	0,96	1,71	-676	99,0	1,02
Рокитнівський	101	0,58	3,86	-268	99,4	0,57
Сарненський	105	1,11	3,86	-278	98,9	1,05

Таблиця 4

Аналіз покриття потреби ріллі у органічних добривах за рахунок соломи

Адміністративна одиниця (область / район)	Можливий надлишок соломи, тис. т / рік	Величина компенсації гною ВРХ за рахунок соломи, тис. т / рік	Покриття потреби в органічних добривах за рахунок соломи, %	Додаткова потреба у соломі для компенсації дефіциту гумусу, тис. т / рік
Рівненська обл.	1700	500	8,82	1826
Березнівський	26,6	7,82	3,64	67,1
Володимирецький	18,1	5,34	2,25	73,6
Гощанський	189	55,5	12,4	148
Демидівський	110	32,4	13,4	80,8
Дубенський	218	64,2	11,8	179,1
Дубровицький	-1,10	0,34	0,00	52,4
Зарічненський	14,0	4,12	2,51	50,4
Здолбунівський	162	47,8	16,1	101
Корецький	122	36,0	10,7	110
Костопільський	19,7	5,80	1,83	95,2
Млинівський	267	78,6	12,9	203
Острозький	133	39,1	12,4	104
Радивилівський	152	44,7	10,1	143
Рівненський	193	56,8	8,42	216
Рокитнівський	2,90	0,93	0,34	79,0
Сарненський	20,3	6,04	2,16	83,5

Розрахунки можливого обсягу покриття дефіциту гною підстилкового за рахунок надлишку соломи зернових культур показали, що в середньому по області величина компенсації гною підстилкового за рахунок соломи становить 500 тис. т/рік в перерахунку на гній, тоді коли сумарний дефіцит гною по області сягає 5708 тис. т/рік. Отже, покриття дефіциту органічних добрив за рахунок соломи зернових культур в середньому по області становить 8,8% і коливається по районах області в межах 0,0%...16,1% (див. табл. 3). При цьому додаткова потреба в соломі для компенсації дефіциту гумусу в ґрунтах області сягає 1825,8 тис. т/рік, тобто для задоволення дефіциту органічних добрив у області обсяги виробництва соломи зернових доцільно було б збільшити до 3890,8 тис. т/рік, що на 88,4% більше обсягів, які утворюються на даний час.

Таблиця 5

Енергетична оцінка варіантів застосування залишків соломи для Рівненської області

№ з/п	Показник оцінки	Одиниця вимірювання	Варіант застосування	
			солома-добриво	солома-паливо
1	Витрати на збирання	МДж/т	69	69
2	Витрати на подрібнення	МДж/т	177	230
3	Витрати на транспортування (до 10 км)	МДж/т	341	853
4	Витрати на досушування	МДж/т	143	186
5	Витрати на внесення в ґрунт	МДж/т	196	0
6	Витрати на брикетування	МДж/т	0	1372
7	Вміст енергії у вихідному матеріалі	МДж/т	15400	15400
Сума енерговитрат		МДж/т	927	2711

Порівняння результатів енергетичних обґрунтувань напрямів застосування соломи на добриво та паливо (див. табл. 5) показують, що сумарні енерговитрати на застосування соломи в якості добрива сягають 927 МДж/т. Сумарні енерговитрати на застосування соломи в якості палива сягають 2711 МДж/т. Різниця сумарних енерговитрат на користь добрива оцінюється у 1783 МДж/т, що еквівалентно 33,7 кг дизпалива.

Крім того, було оцінено енерговитрати на застосування різних

видів органічних добрив з тією метою, щоб переконатися, що енергетичний ефект від застосування соломи є максимальним (див. рисунок).

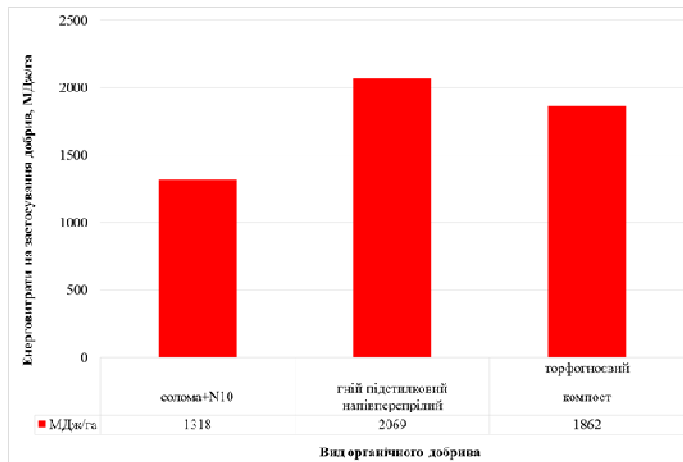


Рисунок. Енерговитрати на застосування різних видів органічних добрив

При цьому економія енергії антропогенних витрат становить 751 МДж/га при заміні гною підстилкового соломою або 544 МДж/га при заміні торфогноєвого компосту соломою.

Висновки: 1. У зв'язку із занепадом тваринництва в Україні, зокрема і на Рівненщині, виробництво гною як традиційного органічного добрива є вкрай недостатнім для покриття дефіциту насичення ґрунту органікою, який становить в середньому для області -10,56 т/га/рік в перерахунку на гній ВРХ підстилковий напівперепрілий, сумарний дефіцит якого для області в середньому сягає 5 708 тис. т/рік.

2. Розрахунковий збір соломи в цілому по області сягає 2 065 тис. т/рік, оцінка господарських потреб у соломі (в сумі на підстилку та корм) показує, що в цілому по області створюється імовірний надлишок соломи, який сягає 1 700 тис. т/рік.

3. Аналіз покриття потреби ґрунту у органічних добривах за рахунок соломи показує, якщо всю надлишкову солому використати на органічне добриво, то потреба ґрунту в органіці в середньому по області покривається лише на 8,8%, тому фактично надлишку соломи немає, а є її дефіцит.

4. Енергетична оцінка варіантів застосування залишків соломи для Рівненської області показує, що різниця між сумарними енерговитратами на підготовку соломи-палива і соломи-добрива сягає 1 783 МДж/т, що еквівалентно 33,7 кг дизпалива та свідчить про енергетичну недоцільність застосування соломи у якості палива в цілому для області.

1. Практичний посібник з використання біомаси як палива в муніципальному секторі України. – Режим доступу: URL: http://bioenergy.in.ua/media/filer_public/e6/69/ e669746e-8cc6-41e8-b3ee-

[96eccddb12f2/ecofin.pdf](https://doi.org/10.15663/96eccddb12f2/ecofin.pdf) 2. Статистичний щорічник України за 2016 рік. 2017. 611 с. – Режим доступу: URL: https://ukrstat.org/uk/druk/publicat/kat_u/publ1_u.htm 3. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Гелетуша Г. Г., Железна Т. А., Кучерук П. П., Олійник Є. М. // Аналітична записка БАУ. – № 9. – 32 с. – Режим доступу: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-9-ua.pdf> 4. Марчук С. Г. Біоенергетичний потенціал сільськогосподарського виробництва: економічний вимір, прогноз використання / Марчук С. Г., Савчук В. К. – К. : Аграр Медіа Груп, 2011. – 177 с. 5. Статистичний щорічник Рівненської області за 2016 рік. – Рівне, 2017. 6. Медведовський О. К. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільському виробництві / Медведовський О. К., Іваненко П. І. – К. : Урожай, 1988. – 208 с.

Рецензент: д.с.-г.н., професор Клименко М. О. (НУВГП)

Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Pryshchepa A. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Professor, Statnyk I. I., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Brezhytska O. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

BIOENERGY POTENTIAL OF RIVNE REGION CEREAL CROPS HAULM

The volume of accumulation of Rivne Region cereal crops haulm was estimated and the energy indicators of different directions utilization were analyzed.

Keywords: bioenergy potential, cereal crops haulm, biomass, fertilizer, energy source, energy efficiency, utilization.

Колесник Т. Н., к.с.-х.н., доцент, Прищепка А. Н., к.с.-х.н., профессор, Статник И. И., к.с.-х.н., доцент, Брежницкая Е. А., к.с.-х.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ СОЛОМЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР РОВЕНЩИНЫ

Дано оцінку об'ємів накоплення соломи зернових культур на території Ровенської області, проаналізовано енергетичні показники цілесобразності різних напрямків її утилізації. *Ключевые слова:* биоэнергетический потенциал, солома зерновых культур, биомасса, удобрение, источник энергии, энергетическая эффективность, утилизация.
