

УДК 662.76.032

С.В.Клюс (Ін-т відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

## Визначення енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів за період незалежності України

*Наведено результати уточнюючих розрахунків енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів із застосуванням методу енергоефективності аграрних технологій. На основі обробки фактичних даних щодо виходу соломи окремих культур спростовано уявлення про сталість коефіцієнтів відходів сільськогосподарських культур. Згідно дослідження, енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів за період 1990-2011 рр. змінювався у межах 14,3-30,0 млн т у.п. за рік.*

*Приведены результаты уточненных расчетов энергетического потенциала соломы и растительных отходов с применением метода энергоэффективности аграрных технологий. На основе обработки фактических данных по выходу соломы отдельных культур опровергнуто представление о постоянстве коэффициентов отходов сельскохозяйственных культур. Согласно исследованию, энергетический потенциал соломы и растительных отходов за период 1990-2011 гг. изменялся в пределах 14,3-30,0 млн т у.п. в год.*

**Вступ.** Україна щорічно виробляє більше 50 млн т зернових і зернобобових культур. Це означає, що солома, як побічний продукт, виробляється приблизно в тих самих обсягах. Донедавна солону використовували лише для цілей тваринництва і для удобрення ґрунтів, а залишки спалювали на полях.

Існують різні погляди щодо оцінки потенціалу соломи в Україні. Такі оцінки стали актуальними тільки з появою попиту на солону. Дотепер ніхто не піклувався про залишки соломи, що спалювалися на полях. Більшість досліджень потенціалу виконано лише для соломи зернових і зернобобових культур. Практично не досліджувався потенціал соломи ріпаку, сої, стебел кукурудзи та соняшнику.

Для визначення виходу соломи широко розповсюдженим поглядом є використання коефіцієнта відходів  $K_{\text{від}}$ , який являє собою відношення урожаю соломи або стебел рослин до урожаю зерна [1, 2]. Найчастіше використовують відношення 1:1, тобто приймають коефіцієнт відходів за одиницю.

Це дуже приблизна оцінка, оскільки досить складно оцінити кількість соломи, що була зібрана у кожному регіоні, враховуючи застосування різних аграрних технологій вирощування зернових і технічних культур. Більш оптимістичні дослідження [3] стверджують, що на кожен тунну

зерна можна отримати 1,5-2,0 т соломи, тобто  $K_{\text{від}} = 1,5-2,0$ .

В методиці [4] конкретизується значення коефіцієнтів відходів: озима пшениця – 1,6; озиме жито – 1,9; озимий ячмінь – 1,3; ячмінь ярий – 1,2; овес – 1,6; кукурудза на зерно – 1,3; просо – 1,6; гречка – 1,9; рис – 1,1; горох – 1,2; льон – 0,6; соняшник – 2,2.

У Європі, де біомасу для енергетичних потреб використовують понад 30 років, для оцінки потенціалу біомаси застосовують два основні підходи: ресурсно-орієнтований та орієнтований на енергетичні потреби [5, 6]. Перший підхід ґрунтується на дослідженні ресурсної бази і питань енергетичного та неенергетичного використання біомаси. У другому підході оцінюється конкурентоспроможність різних технологій виробництва енергії з біомаси у порівнянні з іншими видами ВДЕ та викопними паливами.

Для оцінки потенціалу біомаси в Україні пропонується застосування поглибленого статистичного методу [1]. Згідно з цим методом розрізняють три основні види потенціалу: теоретично можливий, технічно доступний та економічно доцільний, між якими немає чітких меж [7], в результаті чого оцінки потенціалу суттєво відрізняються [1, 7–9].

У зазначених роботах оцінка потенціалу біомаси виконана за умови збільшення посівних

площ під енергетичні культури (ріпак, соя, спеціальні енергетичні рослини). Але у зв'язку зі зростаючим світовим попитом на харчові продукти використання орних земель під енергетичні культури вважається недоцільним. Крім того, відомі оцінки потенціалу не враховують усі види рослинних відходів і базуються на даних лише окремих років. Перелічені зауваження суттєво впливають на оцінку потенціалу біомаси.

**Метою даної роботи** є уточнення оцінки фактично досягнутого енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів із застосуванням методу енергоефективності аграрних технологій.

**Основна частина.** В роботі [10] пропонується

оцінювати кількість соломи на основі енергоефективності аграрних технологій. Для кожної культури в залежності від її урожайності виведено прості лінійні рівняння. Наприклад, рівняння, що визначають кількість соломи з озимого жита, такі:  $x = 1,8y + 3,8$  (коли врожайність 10-25 ц/га) та  $x = y + 25$  (коли врожайність 26-40 ц/га), де  $x$  – кількість соломи;  $y$  – кількість жита у центнерах (табл. 1).

Відповідно до таблиці 1, значення коефіцієнта відходів залежить від урожайності культури. Зі збільшенням урожайності  $K_{від}$  зменшується, що пояснюється більшою масою колоса по відношенню до маси стебла (рис. 1).

Таблиця 1. Урожайність зернових культур і рівняння регресії для визначення кількості рослинних відходів

Культури	Урожай, ц/га		Рівняння для визначення кількості соломи, ц/га	Коефіцієнт відходів, $K_{від}$
	Основна продукція (зерно), $y$	Побічна продукція (солома), $x$		
Озиме жито	10 – 25	21,8 – 30,8	$x = 1,8y + 3,8$	2,2 – 2,0
	26 – 40	51 – 65	$x = 1,0y + 25$	2,0 – 1,6
Озима пшениця	10 – 25	20,4 – 45,9	$x = 1,7y + 3,4$	2,0 – 1,8
	26 – 40	46,7 – 57,9	$x = 0,8y + 25,9$	1,8 – 1,4
Ярова пшениця	10 – 20	17,2 – 30,2	$x = 1,3y + 4,2$	1,7 – 1,5
	21 – 30	30,3 – 34,8	$x = 0,5y + 19,8$	1,5 – 1,2
Ячмінь	10 – 20	15,5 – 24,5	$x = 0,9y + 6,5$	1,5 – 1,2
	21 – 35	26 – 38,7	$x = 0,9y + 7,2$	1,2 – 1,1
Овес	10 – 20	16,2 – 31,2	$x = 1,5y + 1,2$	1,6 – 1,5
	21 – 35	31 – 40,7	$x = 0,7y + 16,2$	1,5 – 1,2
Просо	2 – 20	7,5 – 34,5	$x = 1,5y + 4,5$	3,8 – 1,7
	21 – 30	35 – 53	$x = 2,0y + 7,1$	1,7 – 1,8
Кукурудза	10 – 35	29,5 – 59,5	$x = 1,2y + 17,5$	3,0 – 1,7
Горох	5 – 21	11 – 30,5	$x = 1,3y + 4,5$	2,2 – 1,5
	22 – 30	29,4 – 39	$x = 1,2y + 3,0$	1,3
Гречка	5 – 15	13,2 – 30,2	$x = 1,7y + 4,7$	2,6 – 2,0
	16 – 30	31 – 49,3	$x = 1,3y + 10,3$	1,9 – 1,7
Соняшник	8 – 30	19,7 – 59,3	$x = 1,8y + 5,3$	2,5 – 2,0

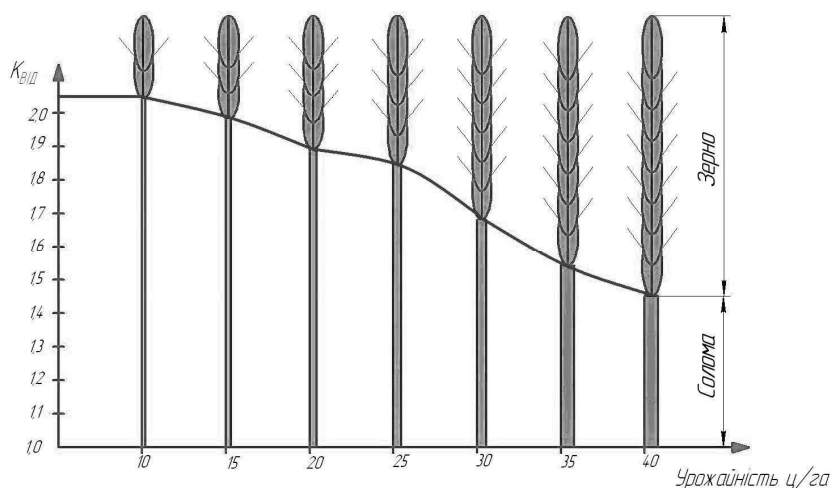


Рис. 1. Залежність коефіцієнта відходів озимої пшениці від урожайності.

Для визначення коефіцієнтів відходів і кількості соломи були використані статистичні дані щодо урожайності та валового збору всіх зернових культур за період 1990-2011 років [11,12]. Значення коефіцієнтів відходів визначали за рівнянням регресії (табл. 1). На рис. 2 наведено динаміку зміни по роках коефіцієнтів відходів окремих культур.

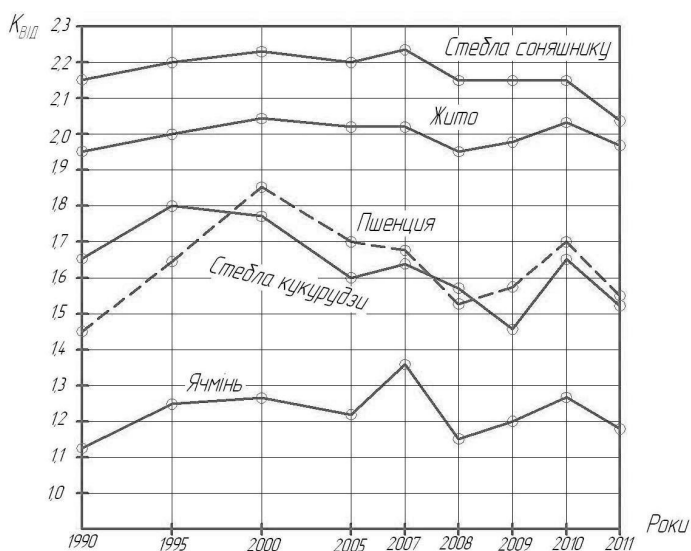


Рис. 2. Динаміка зміни коефіцієнтів відходів.

Як видно з рис. 2, більш постійні значення коефіцієнтів відходів були для соломи ячменю, жита, стебел соняшнику, а для соломи пшениці та стебел кукурудзи – суттєво змінювалися по роках. Наведені графіки спростовують уявлення про ста-

лість коефіцієнтів відходів. Лише для окремих культур, для яких відсутні аналітичні дослідження залежності кількості соломи від врожаю зерна, коефіцієнти відходів можуть бути визначені на основі фактичних даних. Тому коефіцієнти відходів для соломи ріпаку ( $K_{rip} = 1,8-2,5$ ) і сої ( $K_{coi} = 1,2-1,3$ ) були визначені нами в результаті обробки фактичних даних щодо валового урожаю зерна і соломи в різних регіонах України [13]. Коефіцієнт відходів лушпиння соняшнику ( $K_{луш} = 0,18-0,20$ ) прийнятий за роботою [14]. Результати розрахунків загальної кількості соломи і рослинних відходів наведені у табл. 2.

Існують також різні підходи щодо напрямків використання соломи. Деякі дослідники стверджують, що великі обсяги соломи необхідні для підстилки і годівлі тварин. Інші дослідники вважають, що залишки соломи необхідні для удобрення ґрунтів.

Враховуючи різні погляди щодо використання соломи і застосовуючи відношення 1:1 для оцінки кількості соломи, деякі дослідники припускають, що 80% соломи зернових культур господарства використовують на власні потреби, а 20% залишається на альтернативні цілі, наприклад, для виробництва біопалива. Поряд з цим інші дослідники вважають, що від 30 до 50% соломи зернових можна використовувати для виробництва біопалива [15].

Таблиця 2. Результати розрахунків кількості соломи і рослинних відходів

Показники	Роки								
	1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Жито</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	1259,5	1207,9	968,3	1054,2	562,5	1050,8	953,5	464,9	616
Урожайність, ц/га	24,4	20,0	15,2	17,3	16,7	22,9	20,7	16,7	22,1
Коефіцієнт відходів	1,95	1,99	2,05	2,02	2,03	1,96	1,98	2,03	1,97
Кількість соломи, тис. т	2456,0	2403,7	1985,0	2129,4	1141,8	2059,6	1887,9	943,7	1214,7
<b>Пшениця</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	30373	16273	10197	18699	13937	25885	20886	16851	23222
Урожайність, ц/га	40,2	29,7	19,8	28,5	23,4	36,7	30,9	26,8	34,9
Коефіцієнт відходів	1,44	1,67	1,87	1,71	1,70	1,51	1,64	1,77	1,53
Кількість соломи, тис. т	43738	27176	19068	31975	23694	39087	34253	29766	35530

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ячмінь</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	9168,9	9633,2	6871,9	8975,1	5980,8	12611,5	11833,1	8484,9	9494,5
Урожайність, ц/га	33,8	21,8	18,6	20,6	14,6	30,3	23,7	19,7	25,8
Коефіцієнт відходів	1,11	1,23	1,25	1,22	1,34	1,14	1,20	1,23	1,18
Кількість соломи, тис. т	10177	11849	8590	10950	8014	14377	14200	10436	11203
<b>Овес</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	1303,0	1116,4	881,4	790,7	544,4	944,4	730,7	485,5	549,6
Урожайність, ц/га	26,8	19,9	18,3	17,6	15,3	21,2	17,6	14,8	19,6
Коефіцієнт відходів	1,30	1,56	1,56	1,57	1,58	1,46	1,57	1,58	1,56
Кількість соломи, тис. т	1694,0	1741,6	1375,0	1241,4	860,1	1378,8	1147,2	767,1	858,0
<b>Ріпак</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	130,2	39,8	131,8	284,8	1047,4	2872,8	1873,3	1469,7	1459,8
Урожайність, ц/га	14,5	8,5	8,4	14,6	13,1	20,8	18,5	17,0	17,5
Коефіцієнт відходів	1,8	2,0	2,0	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Кількість соломи, тис. т	234,4	79,6	263,6	512,6	1885,3	5171,0	3371,9	2645,5	2627,6
<b>Соя</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	99,3	22,3	64,4	612,6	722,6	812,8	1043,5	1680,2	2021,5
Урожайність, ц/га	23,1	14,5	17,0	18,9	11,4	21,4	17,5	15,1	20,7
Коефіцієнт відходів	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Кількість соломи, тис. т	129,1	28,0	83,7	796,4	939,4	1056,6	1356,5	2184,3	2628,0
<b>Просо</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	338,0	267,5	426,1	140,6	84,3	220,7	139,3	117,1	290,0
Урожайність, ц/га	17,2	17,0	11,6	11,7	9,2	15,6	13,6	13,7	18,9
Коефіцієнт відходів	1,78	1,76	1,89	1,88	2,04	1,79	1,83	1,83	1,74
Кількість соломи, тис. т	601,6	470,8	805,3	264,3	172,0	395,0	255,0	214,3	504,0
<b>Гречка</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	420,1	340,5	480,6	274,7	217,4	240,6	188,6	133,7	317,2
Урожайність, ц/га	11,6	7,6	9,1	6,9	7,0	8,5	7,4	6,7	11,5
Коефіцієнт відходів	2,10	2,32	2,22	2,38	2,37	2,25	2,33	2,40	2,11
Кількість соломи, тис. т	882,2	790,0	1067,0	653,8	515,2	514,3	439,4	320,1	668,9
<b>Рис</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	117,6	80,1	89,7	93,0	108,0	100,8	142,9	148,0	158,3
Урожайність, ц/га	42,2	36,4	35,6	43,4	51,1	50,9	58,3	50,5	62,7
Коефіцієнт відходів	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Кількість соломи, тис. т	129,4	88,1	98,7	102,3	118,8	110,9	157,2	162,8	174,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Горox</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	3265,9	1569,9	652,0	757,3	357,1	550,3	622,2	484,3	392,4
Урожайність, ц/га	23,1	14,5	17,0	18,9	11,4	21,4	17,5	17,4	16,0
Коефіцієнт відходів	1,33	1,61	1,56	1,53	1,69	1,51	1,56	1,57	1,58
Кількість соломи, тис. т	4343,6	2527,3	1017,1	1158,7	603,5	831,0	970,6	760,4	620,5
<b>Кукурудза (стебла)</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	4736,8	3391,8	3848,1	7166,6	7421,1	11446	10486	11953	15221
Урожайність, ц/га	38,7	29,2	30,1	43,2	39,0	46,8	50,2	45,1	62,8
Коефіцієнт відходів	1,65	1,80	1,78	1,60	1,65	1,57	1,55	1,59	1,51
Кількість соломи, тис. т	7815	6105	6849	11466	12244	17971	16253	19005	22984
<b>Соняшник (стебла і лушпиння)</b>									
Валовий збір зерна, тис. т	2570,8	2859,9	3457,4	4706,1	4174,4	6526,2	6364,0	6771,5	86974
Урожайність, ц/га	15,8	14,2	12,2	12,8	12,2	15,3	15,2	15,0	19,2
Коефіцієнт відходів стебел	2,13	2,21	2,23	2,21	2,23	2,15	2,15	2,15	2,07
Кількість стебел, тис. т	5475	6320	7710	10400	9308	14031	13682	15558	18056
Коефіцієнт відходів лушпиння	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Кількість лушпиння, тис. т	462,7	514,8	622,3	847,1	751,4	1174,7	1145,5	1218,9	1565,5
<b>Загальна кількість соломи і рослинних відходів, тис. т</b>									
	78983	61484	49535	72497	60247	98184	91068	83982	98635

**Таблиця 3. Коефіцієнти втрат та енергетичного використання рослинних відходів**

Назва культури і відходів	$K_{втр}$	$K_{ен}$	Назва культури і відходів	$K_{втр}$	$K_{ен}$
Солома жита	0,1	0,5	Солома рису	0,1	1,0
Солома пшениці	0,1	0,5	Солома ріпаку	0,1	1,0
Солома ячменю	0,1	0,6	Солома сої	0,1	1,0
Солома вівса	0,1	0,4	Стебла кукурудзи	0,25	1,0
Солома проса	0,1	0,5	Стебла соняшнику	0,3	1,0
Солома гречки	0,1	0,8	Лушпиння соняшнику	0,05	1,0
Солома гороху	0,15	0,5			

Як відомо, частина соломи пшениці, ячменю, вівса використовується для утримання худоби, а солома, наприклад, гречки чи ріпаку не використовується у тваринництві. Тому для оцінки частини відходів, які можуть бути використані в якості палива для виробництва енергії, застосуємо коефіцієнт енергетичного використання відходів  $K_{ен}$  [1]. Для врахування втрат, які виникають під час збирання урожаю і транспортування соломи, введемо коефіцієнт втрат  $K_{втр}$ . У табл. 3 наведено значення цих коефіцієнтів.

Таким чином, кількість соломи і рослинних

відходів, які можуть бути використані для виробництва енергії, визначаємо за формулою:

$$V_{ен} = V_{від} (1 - K_{втр}) \cdot K_{ен}, \quad (1)$$

де  $V_{від}$  – загальна кількість соломи або рослинних відходів, тис. т (табл. 2).

Результати розрахунків  $V_{ен}$  для кожної культури наведено в табл. 4. Як свідчать розрахунки, сумарна кількість соломи гречки, вівса, гороху, проса і рису, починаючи з 2007 року, становить менше 3% від загальної кількості соломи і рослинних відходів. Але, не зважаючи на невелику її кількість, ця солома реально збирається і тому

повинна враховуватися. В той же час стебла кукурудзи і соняшнику ще залишаються на полях після збирання врожаю.

Енергетичний потенціал соломи або рослинних відходів визначаємо за формулою:

$$P_{ен} = B_{ен} \frac{Q_H^p (\text{кДж/кг})}{29300} = B_{ен} \frac{Q_H^p (\text{ккал/кг})}{7000} \text{ кг у.п., (2)}$$

де  $Q_H^p$  – нижча теплота згоряння робочого палива, відповідно кДж/кг або ккал/кг.

Оскільки теплота згоряння робочого палива залежить від його вологості, то значення  $Q_H^p$  приймалися для соломи з вологістю, яка була на час збирання врожаю, табл. 5 [14, 16–18].

Таблиця 4. Кількість соломи і рослинних відходів для виробництва енергії, тис. т

№	Назва культури і відходів	Роки								
		1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
1	Солома пшениці	19682	12229	8581	14389	10662	17589	15414	13395	15988
2	Солома ячменю	5495	6398	4637	5913	4327	7763	7668	5635	6050
3	Солома ріпаку	211	72	237	461	1697	4654	3035	2381	2364,9
4	Солома сої	116,2	25,2	75,3	716,8	845,5	951,0	1220,8	1965,9	2365,2
5	Солома жита	1105,2	1081,7	893,2	958,2	513,8	926,8	849,5	424,7	546,6
6	Солома гречки	635,2	568,8	768,2	470,7	371,0	389,7	316,4	230,4	481,6
7	Солома вівса	609,8	627,0	267,3	447,0	309,6	496,4	413,0	276,1	308,9
8	Солома гороху	1846,0	1074,1	432,3	492,4	256,5	353,2	412,5	323,2	263,7
9	Солома проса	270,7	211,9	362,4	119,0	77,4	177,7	114,8	96,4	226,8
10	Солома рису	116,5	79,3	88,8	92,1	106,9	99,8	141,5	146,5	156,7
11	Стебла кукурудзи	5862	4579	5137	8599	9108	13478	12190	14254	17238
12	Стебла соняшнику	3833	4424	5397	7280	6516	9822	9577	10891	12639
13	Лушпиння соняшнику	440	489	591	805	714	1116	1088	1158	1487
14	<b>Всього</b>	<b>40223</b>	<b>31859</b>	<b>24468</b>	<b>40743</b>	<b>35505</b>	<b>57817</b>	<b>52441</b>	<b>51177</b>	<b>60116</b>
15	в тому числі солома: гречки, вівса, гороху, проса, рису	3478	2561	1919	1621	1121	1517	1398	1073	1438
16	Віднош. $\left( \frac{\text{ряд 15}}{\text{ряд 14}} \right) \times 100, \%$	8,6	8,0	7,8	3,9	3,1	2,6	2,7	2,1	2,4

Таблиця 5. Нижча теплота згоряння соломи і рослинних відходів

Назва культури і відходів	$Q_H^p$		Назва культури і відходів	$Q_H^p$	
	кДж/кг	ккал/кг		кДж/кг	ккал/кг
Солома жита	15461	3690	Солома рису	12570	3000
Солома пшениці	17179	4100	Солома ріпаку	15335	3660
Солома ячменю	15922	3800	Солома сої	15922	3800
Солома вівса	16131	3850	Стебла кукурудзи	13701	3270
Солома проса	12570	3000	Стебла соняшнику	13701	3270
Солома гречки	12570	3000	Лушпиння соняшнику	15712	3750
Солома гороху	12570	3000			

Результати розрахунків  $P_{ен}$  наведено в табл. 6. На рис. 3 наведено динаміку зміни кількості соломи і рослинних відходів, які могли бути використані для виробництва енергії, за період 1990-2011 років.

На рис. 4 наведено динаміку зміни енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів. Як видно з рис. 4, найбільший потенціал був у 2008 і 2011 роках і становив більше 30 млн т у.п.

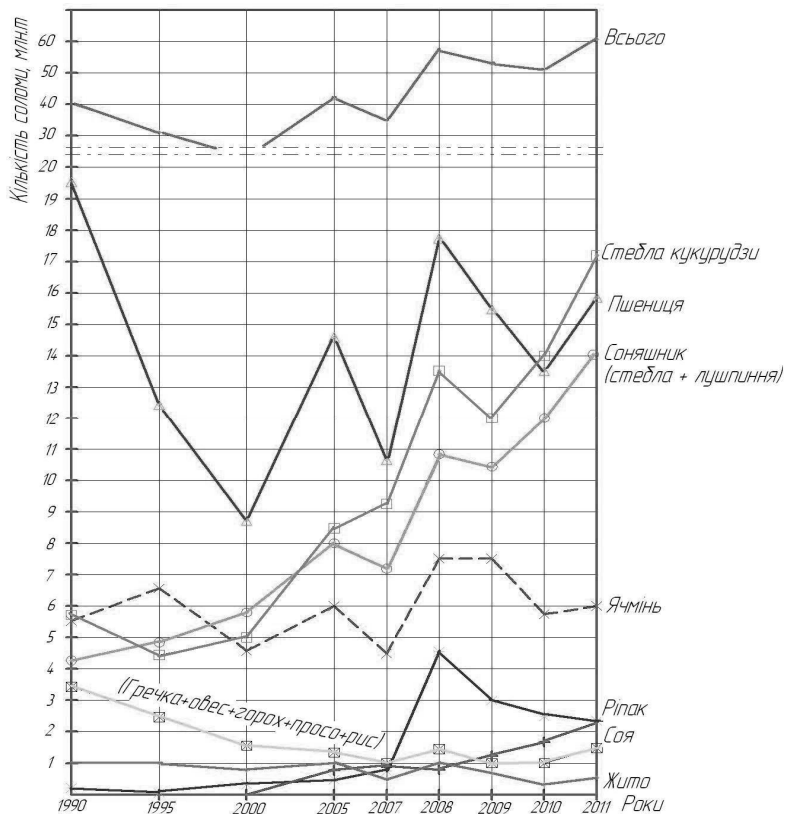


Рис. 3. Динаміка зміни кількості соломи і рослинних відходів для виробництва енергії.

Таблиця 6. Енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів, тис. т у.п.

№	Назва культури і відходів	Роки								
		1990	1995	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011
1	Солома пшениці	11528	7166	5028	8432	6248	10307	9033	7850	9364,4
2	Солома ячменю	2983	3474	2518	3211	2350	4215	4164	3060	3284,3
3	Солома ріпаку	110	38	124	241	886	2429	1584	1243	1236,5
4	Солома сої	63,0	13,7	40,9	389,2	459,1	516,4	662,9	1067,5	1284,3
5	Солома жита	582,4	570,0	470,7	505,0	270,8	488,4	447,7	223,8	288,0
6	Солома гречки	271,8	243,4	328,8	201,4	158,8	166,8	135,4	102,5	206,1
7	Солома вівса	335,4	344,9	147,0	245,8	170,3	273,0	227,0	151,8	170,0
8	Солома гороху	790,0	459,7	185,0	210,7	109,8	151,2	176,5	138,3	112,7
9	Солома проса	116,0	90,7	155,1	50,9	33,1	76,0	49,1	41,2	97,0
10	Солома рису	50,0	33,9	38,0	39,4	45,7	42,7	60,6	62,7	67,0
11	Стебла кукурудзи	2738	2138	2399	4016	4253	6294	5693	6657	8052,6
12	Стебла соняшнику	1790	2066	2520	3327	3043	4587	4472	5086	5904,2
13	Лушпиння соняшнику	236	262	316	431	383	598	583	621	796,6
14	<b>Всього</b>	<b>21594</b>	<b>16900</b>	<b>14270</b>	<b>21300</b>	<b>18411</b>	<b>30145</b>	<b>27288</b>	<b>26305</b>	<b>30864</b>
15	в тому числі солома гречки, вівса, гороху, проса, рису	1563	1173	854	748	518	710	649	496	653
16	Віднош. $\left(\frac{\text{ряд 15}}{\text{ряд 14}}\right) \times 100, \%$	7,2	6,9	6,0	3,5	2,8	2,3	2,4	1,9	2,1

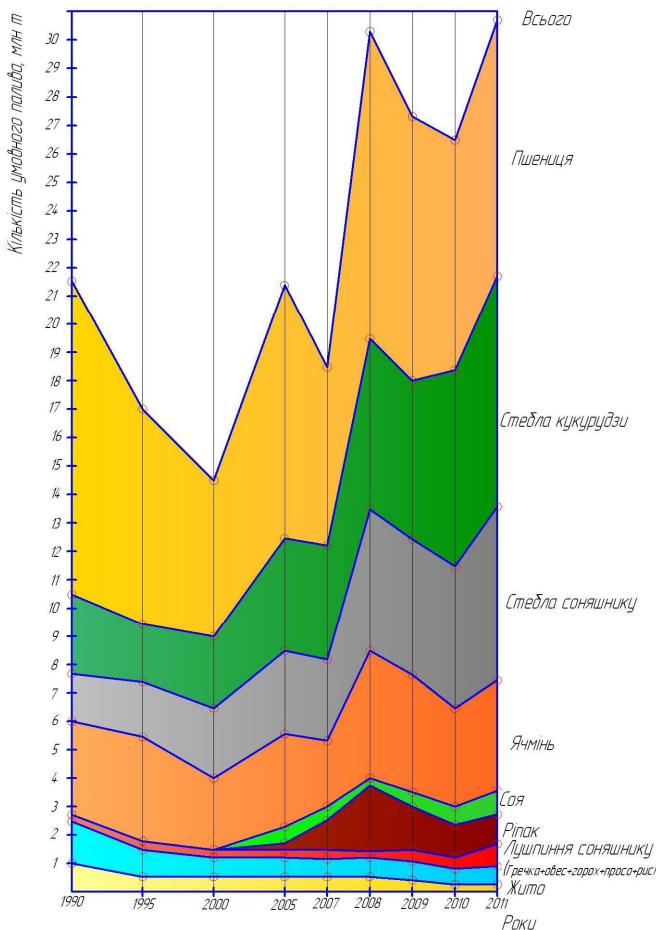


Рис. 4. Динаміка зміни енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів.

**Висновки.** 1. Розроблено методику оцінки кількості соломи і рослинних відходів шляхом уточнення відомих аналітичних залежностей, яка була перевірена зібраними і обробленими фактичними даними щодо виходу соломи окремих культур у різних регіонах України.

Встановлено, що коефіцієнти відходів сільськогосподарських культур залежать від урожайності. Зі збільшенням урожайності кількість відходів зменшується, що пояснюється більшою масою зерна по відношенню до маси стебла. Таким чином, спростоване уявлення про сталість коефіцієнтів відходів сільськогосподарських культур.

2. На базі розробленої методики вперше виконано оцінку енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів за весь період незалежності України (1990-2011 роки). Попередні оцінки здебільшого були виконані лише для окремих років.

Згідно цієї оцінки, енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів змінювався у межах 14,3-30,0 млн т у.п. за рік.

Суттєве коливання енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів пояснюється, перш за все, впливом погодно-кліматичних умов на врожайність сільськогосподарських культур, а також зміною структури посівних площ.

3. Встановлено, що, починаючи з 2007 року, прослідковується тенденція зменшення загальної кількості соломи гречки, вівса, гороху, проса, рису і жита до рівня менше 3% від усіх рослинних відходів, що знаходиться в межах похибки розрахунків. Таким чином, для прогнозування із достатньою точністю енергетичного потенціалу соломи та рослинних відходів можуть бути використані дані щодо соломи пшениці, ячменю, ріпаку, сої, стебел кукурудзи, стебел і лущиння соняшнику.

4. Оцінка енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів дає змогу перейти до аналізу основних напрямків енергетичного перетворення рослинної біомаси та планування створення енергетичних об'єктів на соломі.

1. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Жовмір М.М., Матвеев Ю.Б., Дроздова О.І. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 1. Відходи сільського господарства та деревинна біомаса // Промислова теплотехніка. – 2010. – Т. 32. – №5. – С. 58–65.

2. Забарний Г.М., Шурчков А.В. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України. – Київ: ІТТФ НАНУ, 2002. – 211 с.

3. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник/ Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін. За ред. Д.Г. Войтюка. – К: Вища освіта, 2004. – 544 с.

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

5. Edward Smeets. General base line and principles. Report on WP4.1 of the EC FP7 Project "Biomass Energy Europe", 2008. Copernicus Institute, Utrecht University, the Netherlands. Internet: <http://www.eu-bee.com>.

6. Martijn Vis. Harmonization of biomass resource assessments. Volume I: Best practices and methods handbook. Report on WP5 of the EC FP7 Project "Biomass Energy Europe", 2010. BTC Biomass Technology Group B.V., the Netherlands. Internet: <http://www.eu-bee.com>.

7. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Жовмір М.М., Матвеев Ю.Б., Дроздова О.І. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 2. Енергетичні культури, рідкі біопалива, біогаз // Промислова теплотехніка. – 2011. – Т. 33. – №1. – С. 57–64.

8. Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Тишаєв С.В., Кобзар С.Г. Розвиток біоенергетичних технологій в Україні // Екотехнології та ресурсозбереження. – 2002. – №3. – С. 3–11.



9. *Гелетуха Г.Г., Железна Т.А.* Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Частина 1. // Промислова теплотехніка. – 2010. – Т. 3. – №3. – С. 73–79.
10. *Тараріко Ю.О.* Формування сталих агроєкосистем: Теорія і практика/ Тараріко Ю.О. –К.: Аграрна наука, 2005. – 508 с.
11. *Рослинництво України.* Статистичний збірник 2010. – Київ: Державний комітет статистики, 2011. – 99 с.
12. *Сільське господарство України.* Статистичний збірник 2010. – Київ: Державний комітет статистики, 2011. – 234 с.
13. *Клюс С.В., Забарний Г.Н.* Оценка и прогноз потенциала твердого биотоплива Украины // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2011. – № 2(24). – С. 8–13.
14. *Лещук Л.В., Носенко Т.Т.* Біохімія та технологія оліє-жирової сировини. Навчальний посібник – Київ: Центр учбової літератури, 2011. – 295 с.
15. *Ришард Тутко, Володимир Калініченко.* Відновлювані джерела енергії. – Варшава – Краків – Полтава.: OWG, Варшава, 2010. – 533 с.
16. *Кудря С.О. Щокін А.Р.* Деякі аспекти визначення коефіцієнтів переведення теплотворної здатності паливно-енергетичних ресурсів з натуральних одиниць в умовні // Відновлювана енергетика. – 2006.– №6.– С. 15–22.
17. *Забарний Г.Н., Клюс С.В., Довженко Д.С.* Использование растительных отходов для производства энергии // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – №8. – С. 1–7.
18. *Коллеров Л.К.* Газификационные характеристики растительных отходов. – М-Л.: Машгиз, 1950. – 66 с.