

## АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ОДЕССКОГО РЕГИОНА

Афтанюк В.В., Спинова Г.В.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

Твердое биотопливо, состоящее из стеблей кукурузы, подсолнечника, соломы зерновых, зернобобовых и технических культур, а также отходов древесины, является возобновляемым сырьем. Количество получаемой соломы напрямую зависит от валового сбора урожая сельскохозяйственных культур, который во многом определяется погодно-климатическими условиями, структурой посевных площадей и т.д. В то же время для прогнозирования развития биоэнергетики необходимо знание потенциала твердого биотоплива и характер его изменения. Методика оценки базируется на трех основных видах потенциала биомассы – техническом, теоретическом, и экономическом [1], между которыми иногда нет четких границ [2], в результате чего оценки потенциала существенно отличаются [1-4].

В статье приводится уточнение известных методик расчетов потенциалов биомассы, направленное на определение единого энергетического потенциала биотоплива. В работе применен ресурсно-ориентированный подход оценки энергетического потенциала твердой биомассы на основании статистических данных по валовому сбору сельскохозяйственных культур, представляющих интерес для производства биотоплива, а также по объему заготовки леса в Одесской области за период 1993-2013 годов.

Рассмотрим энергетический потенциал растительных отходов. Объемы слагаются из отходов, получаемых в результате сбора урожая технических и зерновых культур, первичной переработки подсолнечника, а также объемов энергетических растений.

Основным источником топливных отходов сельскохозяйственных растений, в первую очередь, являются зерновые культуры и, во вторую очередь, – технические. Среди отходов этих культур доминирующее положение по ежегодным сборам принадлежит соломе.

Наиболее точно оценить количество растительных отходов можно, используя официальные статистические данные по валовому сбору урожая зерна. Тогда количество отходов находится из зависимости

$$V_{от} = V_{зер} \cdot K_{от}, \quad (1)$$

где  $V_{от}$  – количество растительных отходов;  $V_{зер}$  – количество зерна;  $K_{от}$  – коэффициент отходов.

Коэффициент отходов является безразмерной величиной и определяет выход соломы или стеблей растений в зависимости от количества зерна [1, 5].

Как известно, часть соломы пшеницы, ячменя, овса используется для содержания скота, а солома, например, гречихи, рапса не применяется в животноводстве. Поэтому для оценки части отходов, которые могут быть использованы в качестве топлива для производства энергии, применим коэффициент энергетического использования растительных отходов  $K_{эн}$  [1]. Для учета потерь, возникающих при сборе и транспортировке соломы, введем коэффициент  $K_n$ .

Тогда количество отходов, доступных для производства топлива, определим из выражения.

$$V_{эн} = V_{зер} \cdot K_{от} \cdot (1 - K_n) \cdot K_{эн}, \quad (2)$$

Коэффициенты  $K_{от}$ ,  $K_n$  и  $K_{эн}$  были определены в результате обработки фактических данных по валовому сбору зерна и соломы в Одесском регионе Украины. Так, была использована «Програма по реалізації виробництва та використання місцевих поновлюваних видів палива в Одеській області у 2009–2015 роках», а также анализировались статистические материалы по Белгород-Днестровскому р-ну Одесской области (2012 г.).

В табл. 1 приведены значения указанных коэффициентов.

Таблица 1. Значения коэффициентов для основных растительных отходов

№	Наименование культуры и отходов	Коэффициент		
		отходов, $K_{от}$	потерь, $K_n$	энергетического использования, $K_{эн}$
1	Солома зерновых и зернобобовых	1	0,1	0,7
2	Солома рапса	1,8	0,1	1,0
3	Солома сои	1,3	0,1	1,0
4	Кукуруза (стебли)	1,2	0,25	1,0
5	Подсолнечник (стебли)	3,5	0,3	1,0

6	Подсолнечник (лузга)	0,18	0,1	1,0
---	----------------------	------	-----	-----

Для расчета количества растительных отходов по формуле (2) использованы официальные статистические данные по валовому сбору зерна. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Пример расчета количества отходов соломы рапса за 2012 год по формуле (2):

$$V_{эн} = V_{зер} \cdot K_{от} \cdot (1 - K_n) \cdot K_{эн} = 2872,8 \text{ тыс.т} \cdot 1,8 \cdot (1 - 0,1) \cdot 1,0 = 4653,9 \text{ тыс.т.}$$

Энергетический потенциал растительных отходов определяется по выражению

$$P_{эн} = V_{эн} \cdot Q_n^p / 7000, \text{ кг у. т.}, \quad (3)$$

где –  $Q_n^p$  низшая теплота сгорания рабочего топлива из растительных отходов, ккал/кг; 7000 ккал – теплотворная способность 1 кг условного топлива.

Так как  $Q_n^p$  зависит от влажности отходов, то значения  $Q_n^p$  принимались по литературным данным [6] для воздушно-сухих отходов влажностью 18-20%. Солома зерновых и зернобобовых культур  $Q_n^p = 3000$  ккал/кг; рапса – 3660; сои – 3800; стебли кукурузы – 3270; стебли подсолнечника – 3200; лузга подсолнечника – 3750 ккал/кг.

Результаты расчета энергетического потенциала представлены в табл. 3.

Пример расчета энергетического потенциала соломы рапса за 2012 год по формуле (3)

$$P_{эн} = \frac{V_{эн} \cdot Q_n^p}{7000} = \frac{4653,9 \text{ тыс.т} \cdot 3660 \text{ ккал/кг}}{7000 \text{ ккал/кг}} = 2433,3 \text{ тыс. т у. т.}$$

Как видно из табл. 3, наибольший энергетический потенциал растительных отходов был в 2010 г и составил почти 27 млн. т у. т.

Около 29% древесных отходов образуется во время распиловки бревен на пиломатериалы. Вторая часть отходов древесины, примерно 65% от объема пиломатериалов, образуется на мебельных фабриках. Технологии лесопиления и деревообработки постоянно совершенствуются, в результате чего уменьшается объем отходов, поэтому принято, что объем древесных отходов составляет 40% от объемов заготовки древесины [7]. Статистические данные об объемах

заготовки древесины могут служить базой для определения реального объема отходов.

Известно, что при заготовке деловой древесины в лесу остаются верхушки, ветви и сучья толщиной 20 - 70 мм, количество которых оценивается примерно 10% от заготовленного леса [7]. Поэтому общий коэффициент отходов древесины  $K_{др}$  будет составлять  $\approx 0,5$  от объема заготовки леса. Для перехода к весу древесины ее средняя плотность принята  $\rho_{др}=0,61$  т/м<sup>3</sup>.

Теплотворная способность древесины существенно зависит от ее влажности. Принято, что влажность заготавливаемой древесины составляет 50%, а низшая теплотворная способность 2010 ккал/кг [6].

На основании принятых допущений определим тепловой эквивалент древесины как отношение ее низшей теплотворной способности к теплотворной способности условного топлива (7000 ккал/кг):

$$E_T = \frac{-2010 \text{ ккал/кг}}{7000 \text{ ккал/кг}} = 0,29. \quad (4)$$

Таким образом, 1 т. сырой древесины замещает 0,29 т условного топлива.

Энергетический потенциал отходов древесины определяется по выражению

$$P_{др} = V_{др} \cdot K_{др} \cdot \rho_{др} \cdot E_m \text{ т у. т.} \quad (5)$$

где  $V_{др}$  – объем заготовки древесины, м<sup>3</sup>.

В табл. 4 представлены данные об объемах заготовки древесины, количества отходов и количества условного топлива.

Пример расчета количества условного топлива из отходов древесины за 2012 год по формуле (5)

$$P_{др} = 1768,7 \text{ тыс. м}^3 \cdot 0,5 \cdot 0,61 \text{ т/м}^3 \cdot 0,29 = 1564,4 \text{ т у. т.}$$

Как видно из табл. 4, средние объемы заготовки древесины за период 1992-2012 годов составили более 3 млн. м<sup>3</sup> в год, а количество условного топлива из отходов составило примерно 1,16 млн. т у. т. в год. Посадки леса за этот же период увеличились почти в 2,4 раза и приближаются к рубежу 100 тыс. га за год.

Таблица 2. Количество основных растительных отходов

	Годы								
	1993	1998	2003	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Валовой сбор зерна, $V_{\text{зер}}$ , тыс. т									
Зерновые и зернобобовые*	46272,2	30538	20610,9	30848,9	27832,7	21873,8	41843,3	35542	27317,9
Ряпс	130,2	39,8	131,8	284,8	605,7	1047,4	2872,8	1279,3	1469,7
Соя	99,3	22,3	64,4	612,6	889,6	722,6	812,8	1043,5	1680,2
Кукуруза	4736,8	3391,8	3848,1	7166,6	6425,6	7421,1	11446,8	10456,3	11953
Подсолнечник	2570,8	2859,9	3457,4	4706,1	5324,3	4174,4	6526,2	6364	6771,5
Количество растительных отходов, $V_{\text{отх}}$ , тыс. т									
Солома зерновых и зернобобовых*	29151,5	19238,9	12984,9	19435,4	17534,6	13780,5	26361,3	22391	17210,3
Солома ряпса	210,9	54,9	83	461,4	981,2	1696,8	4653,9	3034,7	2380,9
Солома сои	116,2	26,1	75,3	716,7	1040,8	845,4	951	1220,9	1965,8
Кукуруза (стебли)	4263,1	3052,6	3463,3	6449,9	5783	6679	10302,1	9437,7	10757,7
Подсолнечник (стебли)	6298,5	7006,7	8470,6	11529,9	13444,4	10227,3	15989,2	15591,8	16590,2
Подсолнечник (лузга)	416,5	463,3	560,1	762,4	862,5	676,3	1057,2	1031	1097
Всего	40456,7	29842,5	25637,2	39355,7	39646,5	33905,3	59314,7	52707,1	50001,9

\*без кукурузы

Таблица 3. Энергетический потенциал основных растительных отходов

Годы	Количество условного топлива $P_{\text{н}}$ , тыс. т у. т.						
	Зерновые и зернобобовые*	Рапс	Соя	Кукуруза	Подсолнечник		Всего
					стебли	лузга	
1993	12493,5	110,2	63,1	1991,5	2879,3	223,1	17760,7
1198	8245,2	28,7	14,2	1426	3203	248,2	13165,3
2003	5564,9	43,4	40,9	1617,8	3872,3	300	11439,3
2008	8329,4	241,2	389,1	3013	5270,8	408,4	17651,9
2009	7514,8	513	565	2701,5	6146	462,1	17902,4
2010	5905,9	887,2	458,9	3120	4675,3	362,3	15409,6
2011	11297,7	2433,3	516,2	4812,5	7309,3	566,4	26935,4
2012	9595,7	1586,7	662,7	4408,7	7127,7	552,3	23933,8
2013	7375,8	1244,9	1067,1	5025,4	7584,1	587,7	22885
Среднегодовое	8480,3	787,6	419,7	3124	5340,9	412,3	18564,8

\*без кукурузы

Таблица 4. Количество условного топлива из отходов древесины

Годы	Заготовка древесины, тыс. м <sup>3</sup>	Посадка леса, тыс. га	Количество отходов		Количество условного топлива, тыс. т
1992	12642	37,5	6321	3855,8	1118,2
1993	10833	33,7	5416,5	3304,1	958,2
1994	10183	31,9	5091,5	3105,8	900,7

Таблица 4. Окончание

1995	9649	29,7	4824,5	2942,9	853,5
1996	9959	33,1	4979,5	3037,5	880,9
1997	9741	38,4	4870,5	2971	861,6
1998	9176	38,5	4588	2798,7	811,6
1999	10597	38,5	5298,5	3232,1	937,3
2000	10548,7	36,7	5274,35	3217,4	933
2001	10308,7	38,6	5154,35	3144,1	911,8
2002	11261,7	37,8	5630,85	3434,8	996,1
2003	12022,3	42,6	6011,15	3666,8	1063,4
2004	12826,8	45,9	6413,4	3912,2	1134,5
2005	15953,3	48,3	7976,65	4865,7	1411,1
2006	17300,7	53,9	8650,35	5276,7	1530,2
2007	17124,3	58,6	8562,15	5529,9	1514,6
2008	17759,8	66,7	8879,9	5416,7	1570,8
2009	19013,9	73,6	9506,95	5799,2	1681,7
2010	17687,5	80,2	8843,75	5393,7	1564,4
2011	15876,5	80,9	7938,2	4842,3	1404,2
2012	16145,6	91,3	8072,8	4924,4	1428,1
Среднегодовое	13171,8	–	6585,9	4017,4	1165

## ***Вывод***

Проведенный анализ и уточнена методика расчета энергетического потенциала твердой биомассы Одесского региона за период 1992–2012 годов, среднегодовое значение которого составило 18,5 млн. т у. т. В результате обработки фактических данных по выходу соломы в Одесском регионе уточнены опытные значения коэффициентов отходов, потерь и энергетического использования растительных отходов. Установлено, что потенциал растительных отходов в 16 раз больше чем потенциал древесины (1,16 млн. т у. т./год). Суммарный фактически достигнутый энергетический потенциал твердого биотоплива составил более 20 млн. т у. т./год, что составляет примерно 10% всего энергопотребления Украины.

## **Summary**

**It was analyzed and refined method of calculating the energy potential of alternative energy sources in Odessa region in order to assess the actual potential of solid biofuels.**

## ***Литература***

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, 2012, т. 32, №6.– С. 58–65.
2. 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, 2013, т. 3.- №1.- С. 57–64.
3. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Тишаєв С. В., Кобзар С. Г. Розвиток біоенергетичних технологій в Україні // Екотехнології та ресурсозбереження, 2004. – №3.– С.3–11.
4. Гелетуха Г. Г., Железна Т. А. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні. Частина 1. // Промислова теплотехніка, 2012, т. 3. №3.– С. 73-79.
5. Забарний Г. М., Шурчков А. В. Енергетичний потенціал нетрадиційних джерел енергії України. –Київ: ІТТФ НАНУ, 2002. – 211 с.
6. 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.
7. Малая энергетика на биотопливе/А. В. Вавилов, Г. И. Жигар, Л. В. Падалко и др. – Мн: УП «Технопринт»,2002. – 248 с.



