

Экологическая оценка и потенциал использования соломы зерновых культур в качестве биотоплива

Родькин О. И.
aleh.rodzkin@iseu.by

*Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова,
Беларусь*

Солома зерновых культур является одним из перспективных источников энергии, эффективное использование которого определяется рядом обстоятельств, в том числе необходимостью экологического обоснования. В данной работе обсуждаются балансовые методы оценки потенциала соломы как биотоплива для конкретных условий и результаты исследований по воздействию на окружающую среду. Показано, что выдержка соломы в полевых условиях позволяет значительно снизить содержание в ней коррозионно-опасных элементов. Проанализирован состав зольных отходов образующихся при сжигании соломы. Установлено, что при сложившейся практике сельскохозяйственного производства содержание ряда тяжелых металлов в золе не превышает установленных для стран европейского союза нормативов, что позволяет использовать ее в качестве минерального удобрения для сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: биоэнергетика, экологическая оценка, солома зерновых культур, тяжелые металлы.

Введение

Проблема обеспеченности энергетическими ресурсами в ближайшем будущем станет одной из наиболее значимых как на глобальном, так и на республиканском уровне.

Растущие темпы потребления ископаемых источников энергии и ограниченность их запасов диктуют необходимость поиска и разработки методов активного внедрения альтернативной энергетики.

В соответствии с прогнозом, разработанным мировым энергетическим советом (МЭС), в 2050 г. потребление энергии по сравнению с 2010 годом возрастет более чем в 2 раза. Более 40 % энергетических потребностей будет обеспечиваться за счет возобновляемых источников энергии, в том числе 32 % составит вклад биоэнергетики. Проблема использования сельскохозяйственных отходов, и в первую очередь соломы зерновых культур, на энергетические цели является дискуссионной как для стран ЕС, так и для стран СНГ. Это обусловлено значительным количеством аспектов экономического, экологического и технологического характера, требующих своего разрешения. В частности, не определены потенциальные возможности для использования соломы на местном уровне или в конкретных субъектах хозяйствования. Так же

дискуссионными являются вопросы экологической перспективы использования соломы. Солома является ценным ресурсом для аграрного сектора. Она используется в качестве корма для сельскохозяйственных животных, как субстрат при приготовлении органических удобрений, для утепления буртов картофеля и свеклы при зимнем хранении в полевых условиях и другие цели. Таким образом, ключевым аспектом является определение количества соломы, которое может быть потенциально использовано в качестве биотоплива без ущерба для других потребностей и нарушения экологического баланса в аграрных системах. Кроме того экологическая оценка требует учета выбросов в атмосферный воздух, в том числе парниковых газов и возможности утилизации золы. Актуальным вопросом так же является технологическое обоснование использования соломы. В частности содержание в биомассе ряда щелочных металлов может приводить к повышенному износу оборудования при сжигании соломы, а ключевое значение для оценки эффективности использования имеет ее энергетическая ценность.

Вышеизложенные проблемы рассматриваются в данной публикации на основе обзора литературных источников и результатов собственных исследований.

Результаты исследования и обсуждение

Активные исследования по практическому использованию соломы в качестве возобновляемого биотоплива проводятся в США, Канаде и странах европейского союза, начиная с 90-х годов прошлого века.

Среди стран ЕС лидером данного направления является Дания. Еще в 1993 г. было заключено соглашение между фермерским союзом, группой энергетических компаний и рядом научно-исследовательских институтов с целью проведения исследований по оценке существующего и перспективного уровня доступности биомассы соломы в стране на энергетические цели.

В стране реализуется государственная энергетическая программа, которая разработана с учетом того, что возобновляемые источники энергии должны обеспечивать рост на уровне не менее 2 % в год. В соответствии с программой в настоящее время до 20 % от общего энергопотребления страны должно быть покрыто за счет возобновляемых источников энергии [1]. По укрупненным оценкам для достижения данной задачи ежегодно должно использоваться 1,3-1,5 млн. тонн соломы.

Также с целью получения тепловой энергии солому в Европе активно используют Австрия, Швеция, Финляндия, Франция и другие страны. Тепловые станции и фермерские котлы, работающие на соломе, внедряются в США и Канаде. Точное количество соломы используемой в вышеназванных странах на энергетические цели не публикуется и очевидно определяется конкретными условиями региона, в том числе сложившейся сельскохозяйственной практикой [2].

Очевидно, что потенциальный объем использования соломы должен определяться на основе расчета баланса ее применения на основные цели, что может быть показано на примере Республики Беларусь.

В Республике Беларусь площадь пашни, занятой под озимыми и яровыми зерновыми культурами, за последние десятилетия постепенно увеличивается и составляет около 2500 тысяч гектаров. Валовой сбор зерновых культур при средней урожайности 33-35 ц/га составляет около 7,5-8 млн т, что соответствует урожайности соломы на уровне 10-10,5 млн т при условии соотношения урожайности зерна к соломе 43:57 для среднерослых генотипов [5].

Очевидно, что основной объем соломы используется в животноводстве в качестве подстилки для производства органических удобрений. При существующей в стране структуре посевных площадей для обеспечения бездефицитного баланса гумуса необходимо ежегодно вносить не менее 43 млн. т органики на пахотные земли из расчета 9,4 т на га. Таким образом, на 2009 г. объемы производства и внесения органических удобрений были близкими к оптимальным (табл. 1). По расчетам для получения подстилочного навоза на одну часть экскрементов необходимо дать около 0,25 частей соломы. Это означает, что при условии использования для получения органики только солоमистого субстрата, необходимо его ежегодное количество около 10 млн. т, что близко к максимальному выходу при сложившейся за последние годы урожайности. Вместе с тем для приготовления органических удобрений в качестве подстилки используется не только солома зерновых культур, но и торф, опилки, листовой опад. Самый лучший по качеству навоз получается при содержании скота на глубокой подстилке. При этом используют как солому, так и торфокрошку в соотношении торф:солома = 2:1; 1:1 или 4:1 [3].

Таблица 1

Динамика применения органических удобрений в агроэкосистемах

	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Под сельскохозяйственные культуры, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища, в защищенном грунте							
Органические удобрения – всего, млн т	35,9	28,2	28,4	29,0	34,8	38,1	42,3
В расчете на 1 га сельскохозяйственных земель, т	4,7	3,9	3,8	3,9	4,6	5,0	5,6
Из общего количества внесено под сельскохозяйственные культуры							
Органические удобрения – всего, млн т	35,2	27,5	27,7	28,3	34,0	37,3	41,3
В расчете на 1 га	7,0	6,2	6,3	6,3	7,5	8,1	8,9

пахотных земель, т							
--------------------	--	--	--	--	--	--	--

Таким образом, можно предположить, что если для приготовления компоста в качестве удобрения используется 50% торфа и 50 % соломы ее годовая потребность составит около 5 млн. т. Определенная часть соломы также используется на другие цели, например:

- *На корм животным.* По своей калорийности или энергоемкости солома и зерно приблизительно одинаковы (1 кг сухого вещества равен 18,4 МДж), но коэффициенты использования энергии соломы в 5-6 раз ниже, чем зерна, в связи, с чем в животноводстве она используется не как основной, а как дополнительный или даже резервный кормовой ресурс. Наиболее ценной на корм является солома яровых зерновых; просяная, овсяная, ячменная. Кроме того, солома с посевов, обработанных пестицидами, на корм животным, не используется.

- *Для производственных целей.* Необходимо планировать использование определенного количества соломы для производственных нужд в аграрном секторе (укрытие буртов, утепление ферм, изготовление кирпичей, самана и т.д.). Следует отметить, что с активным внедрением инновационных технологий и строительством картофеля и овощехранилищ количество соломы используемой для этих целей будет неуклонно снижаться.

- *Прямое внесение на поля в качестве удобрения.* При запахивании соломы как органического удобрения и ее последующей минерализации в почве высвобождаются почти все необходимые растениям питательные вещества, включая макро и микроэлементы. Однако этот прием не является технологичным, так как требует предварительного измельчения соломы, и к тому же ее минерализация снижает количество доступного азота в почве, что обуславливает дополнительное внесение минеральных удобрений. Следовательно, данное направление использования соломы так же является в достаточной степени ограниченным.

Очевидно, что определить расчетным путем объем соломы, который будет использован на вышеуказанные цели практически невозможно, так как он зависит от ряда конкретных факторов, и это количество является нестабильным. Одна из проблем заключается в том, что точный учет массы соломы в сельскохозяйственных предприятиях не проводится. Поэтому ориентировочно, в соответствии с практикой ряда выборочных хозяйств на корм, укрытие и прямое внесение используется от 20 до 25% от всего объема производства соломы.

Представленные расчеты в достаточной степени соответствуют экспертных эмпирическим оценкам проведенным для различных регионов. Так, по данным, полученным в результате специального анкетирования руководящего состава аграрных предприятий из ряда областей Беларуси, в среднем 19,0–27,5 % соломы в хозяйствах эффективно не используется или сжигается на поле во время уборки или весной. Следует отметить, что для хозяйств Могилевской и

Витебской областей среднее значение излишков соломы составляет 25,3–27,5 %, в то время как для Гомельской области – 19,0 % [4].

С учетом вышеизложенного можно заключить, что потенциальное количество соломы, которую можно использовать в качестве возобновляемого биотоплива без ущерба для других потребностей, составляет около 20 % от ее общего объема производства в регионе. В масштабах Республики Беларусь, например, это составляет около 2 млн. т., что примерно эквивалентно 0,6-0,7 млн. тонн условного топлива при средней влажности 14 %. Таким образом, солома как ресурс биотоплива, несомненно, представляет интерес, как в масштабах конкретного хозяйства, так и региона в целом.

Как уже было отмечено ранее, солома содержит ряд соединений, которые не только затрудняют ее технологическое использование, но и оказывают значительное негативное воздействие на окружающую среду. Особенно опасными являются соединения серы, свинца, хлора, рубидия. Их повышенное содержание вызывает зашлаковывание труб котла при сжигании и ускоренную коррозию металлических поверхностей. Поэтому важным является определение их количества и поиск способов уменьшения их содержания в сырье.

Одним из методов снижения содержания ряда химических элементов является выдерживание соломы в полевых условиях в течение определенного времени после уборки, что так же влияет на ее влажность и степень увядания.

Отбор образцов для исследования влажности и химического состава соломы в наших экспериментах производился в 2 этапа – в сентябре и октябре с промежутком в 30 дней. Были отобраны образцы ржаной, ячменной, пшеничной соломы и тритикале. В ходе проведения лабораторных исследований была установлена четкая зависимость изменения влажности соломы от периода ее экспозиции в полевых условиях. В частности, за означенный период имело место увеличение влажности соломы до 25-45% в зависимости от культуры (Рис.1). Оптимальный диапазон влажности, для сжигания соломы на тепловых станциях составляет 10-25 %.

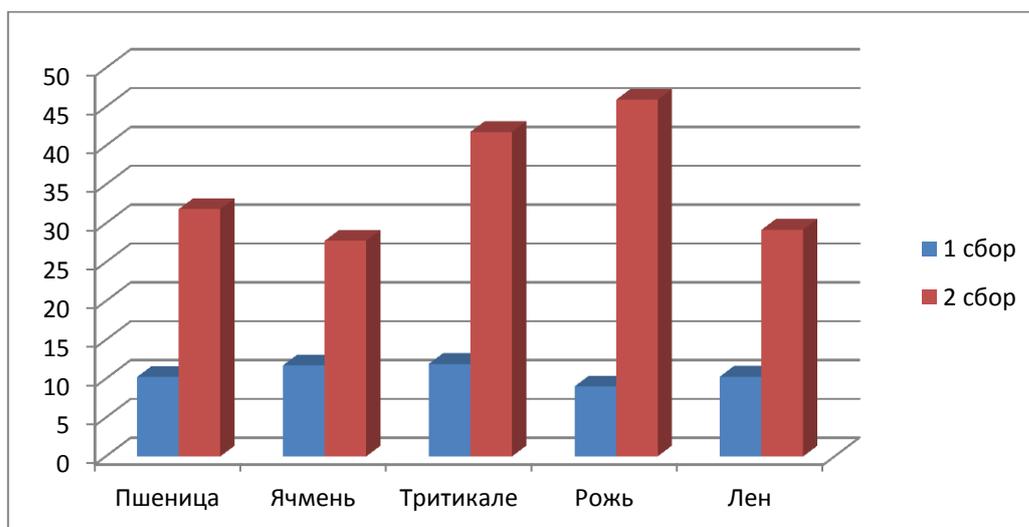


Рис.1. – Динамика изменения влажности соломы в %.

Очевидно, что в ряде случаев наблюдается превышение оптимальной для соломы влажности, что в свою очередь приведет к снижению эффективности получения энергии. Но к несомненному положительному фактору следует отнести значительное снижение содержания щелочных металлов и соединений хлора в соломе вследствие их вымывания. Как результат это уменьшает опасность коррозии топливных агрегатов, образования шлаков, и снижает потенциальные выбросы в атмосферу.

Результаты измерения по отдельным элементам представлены на рис. 2 и 3.

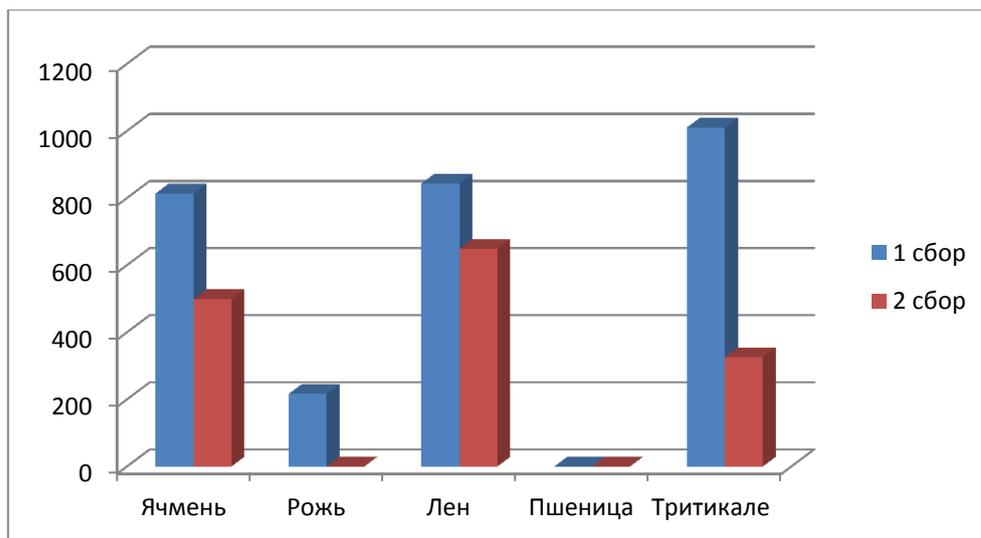


Рис. 2. – Содержание серы в золе соломы(S, мкг/г)

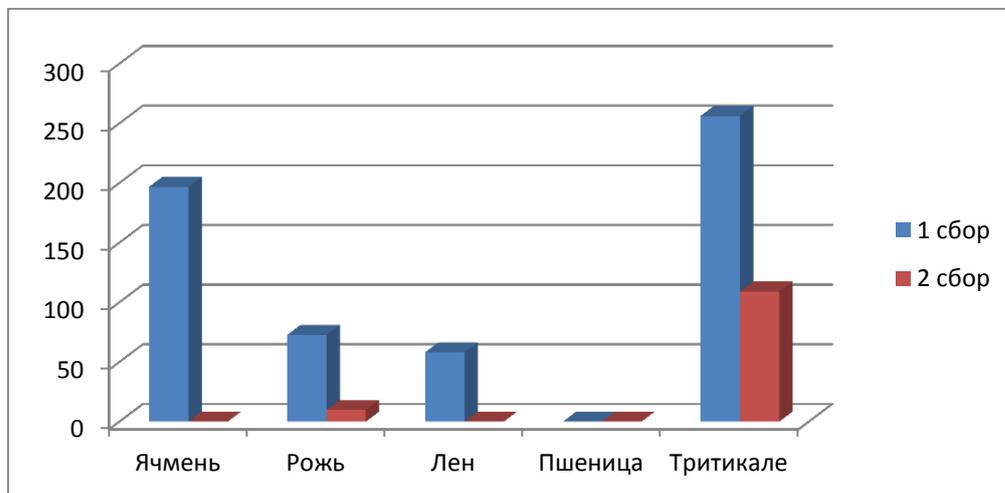


Рис. 3. – Содержание хлора в золе соломы (Cl, мкг/г)

Можно констатировать, что если оптимальная влажность для использования соломы в качестве биотоплива составляет не более 25%, то период 30 дней является слишком длительным. Оптимальный срок выдержки соломы в поле необходимо регулировать в зависимости от методов ее уборки, интенсивности осадков и влажности сырья.

Химический состав непосредственно влияет на структуру выбросов в атмосферный воздух. Этот показатель также не является стабильным, в том

числе и для традиционного ископаемого топлива. Усредненные ориентировочные данные по выбросам согласно литературным источникам представлены в таблице 2.

Таблица 2

Выбросы в атмосферный воздух при использовании различных источников топлива

Выбросы на 1 т топлива, кг	Солома	Древесина	Уголь	Газ
Диоксид серы	0,05–0,1	0,05–0,1	8–10	–
Оксиды азота	8–10	8–10	50–60	25
Оксид углерода	15–20	15–20	50–70	220
Сажа	15–20	10-15	150–200	–

Таким образом, солома как топливо с точки зрения экологичности уступает природному газу, находится приблизительно на одном уровне с древесиной и значительно превосходит уголь. Несомненное преимущество соломы в том, что она является нейтральным топливом по отношению к парниковым газам.

Высокий процент содержания ряда элементов питания, особенно калия, теоретически позволяет использовать золу, образующуюся при сжигании соломы, в качестве удобрения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Такое применение возможно, если по ряду других параметров, особенно содержанию тяжелых металлов, зола соломы не превышает определенных нормативов. В частности можно ориентироваться на нормативы, установленные для стран ЕС (табл. 3).

Таблица 3.

Предельно допустимая концентрация тяжелых металлов (мкг/г сухой золы) для европейских стран

Элемент	Cd	Pb	Ni	Cr	Zn	Cu
Страна						
Дания	0.8	120	30	100	4000	1000
Австрия	10	500	100	500	2000	500
Швейцария	3	100	90	100	600	150
Финляндия	17,5	150	150	300	4500	700

Швеция	30	300	70	100	7000	400
--------	----	-----	----	-----	------	-----

Эти нормативы могут быть взяты за основу и для России и Белоруссии. В наших экспериментах содержание тяжелых металлов в золе соломы зерновых культур, как правило, не превышало вышеуказанных нормативов (табл. 4). Исключением является некоторое превышение предельных уровней установленных для Дании по кадмию для ячменя и пшеницы. Следует отметить, что даже при превышении нормативов зола может быть использована на другие цели, либо использована в качестве удобрения для культур, которые не используются для продовольственных целей, например быстрорастущие энергетические древесные ива или тополь.

Таблица 4.

Среднее содержание тяжелых металлов в золе соломы с/х культур, мкг/г (эксперименты 2011-2012 лет)

Элемент	Культура			
	Рожь	Ячмень	Пшеница	Тритикале
Цинк	83,2	147,7	61,5	85,7
Медь	18,2	34,2	20,2	16,2
Хром	9,2	41,7	8,7	15,3
Никель	1,3	10,9	7,3	31,7
Свинец	3,8	16,5	4,6	7,0
Кадмий	0,1	2,8	1,1	0,2

Заключение

По результатам наших исследований можно сделать следующие выводы

1. Потенциал использования соломы в качестве биотоплива в аграрном секторе определяется рядом факторов. Следует учитывать, что солома может использоваться для различных целей, но одним из важнейших аспектов является поддержание плодородия почв за счет возврата выносимых с урожаем элементов питания растений. Это может осуществляться как на основе прямого применения или заправки соломы, что имеет ряд недостатков, так и приготовления и внесения соломенно-навозных или соломенно-торфо-навозных субстратов. Точное количество соломы, которое может быть использовано на энергетические цели без ущерба для агроэкосистем должно быть рассчитано балансовым методом исходя из конкретных потребностей и

условий сельскохозяйственного предприятия. Наши расчеты и экспертные оценки, полученные на основе анкетирования, показывают, что это количество составит не менее 20% от всего урожая соломы.

2. Основной технологической проблемой при сжигании соломы является высокое содержание в биомассе ряда элементов (щелочные металлы, сера, хром) которые приводят к повышенной коррозионной опасности и соответственно ускоренному износу оборудования. Этот негативный фактор может быть минимизирован за счет дополнительной выдержки соломы в полевых условиях в течение определенного времени. При этом необходимо учитывать, что в таком случае возрастает влажность биомассы и снижается ее энергетическая эффективность. Поэтому время выдерживания соломы в поле должно зависеть от конкретных погодных условий и технических возможностей энергетических установок. Удельная теплота сгорания соломы при влажности биомассы до 15% приблизительно соответствует древесине (14-16 МДж/кг) и значительно снижается при влажности около 25 % (8-11 МДж/кг).

3. При сжигании соломы выбросы в атмосферный воздух соединений азота, серы или сажи значительно ниже при сравнении, например с каменным углем. Кроме того образующиеся при сжигании парниковые газы, прежде всего диоксид углерода не учитываются в общем балансе региона так как солома является возобновляемым биотопливом. Зола соломы содержит ряд элементов необходимых растениям, в том числе калий, фосфор, цинк, медь и может быть использована в качестве удобрения сельскохозяйственных культур особенно на кислых почвах. Содержание тяжелых металлов в золе за редким исключением в наших экспериментах не превышало установленных для стран европейского союза нормативов.

4. С учетом вышеизложенного можно констатировать, что использование соломы в качестве возобновляемого биотоплива не оказывает значительного негативного воздействия на окружающую среду. Солома, несомненно, представляет интерес как энергетический ресурс, а эффективность ее применения определяется техническими возможностями и может быть повышена при использовании специальных технологических приемов.

Список литературы:

1. Anders Evald, Agricultural biomass – experiences from Denmark, [Electronic resource]. 2011. – Mode of access: http://nsac.ca/fens/ag_biomass/1_Anders_Evald_Framing_the_Opportunity.pdf

2. Straw for energy production. Technology – Environment – Economy / The center for biomass technology. – 1998. – P. 53.

3. Босак, В. Н. Органические удобрения: монография / В. Н. Босак. – Пинск : ПолесГУ, 2009. – 256 с.

4. Добышев, А. С. Сушка зерна с использованием нетрадиционных видов топлива: информационный бюллетень / А. С. Добышев, А. А. Крупенько. – Горки : Программа Европейского Союза ТАСИС, 2006. – №4 (окт.). – 33 с.

5. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 283 с.

Environmental and potential assessment of straw of cereal crops using as a biofuel

Aleh Rodzkin
aleh.rodzkin@iseu.by

International Sakharov Environmental University, Belarus

Straw of cereal crops is a perspective source of renewable energy. Effective using of straw defined by several factors, one of them is environmental assessment. The article cover balance methods of straw potential assessment and some results of environmental impact assessment. It was defined that straw storing in the field cause decreasing of corrosion elements in biomass. The contents of ash created at the result of straw firing have been detected. It was determined that in accordance with existing agricultural practice contents of heavy metals in ash not exceed standards for EU countries. Environmental assessment showed that straw may be used as mineral fertilizer for agricultural crops.

Key words: bioenergy, environmental assessment, straw of cereal crops, heavy metals.