

Література

1. Стоунхэм А.Н. Теория дефектов в твердых телах / А.Н. Стоунхэм. – М. : Изд-во "Наука". – 1978. – Т. 2. – 357 с.
2. Hayes W. Crystals with fluorite structure / W. Hayes, A.M. Stoneham. – Oxford, 1974. – 448 p.
3. Чорній З.П. Іонні процеси в радіаційно забарвлених кристалах галогенідів двовалентних металів : дис. ... д-ра фіз.-мат. наук: спец. 01.04.10 / Чорній Зеновій Павлович. – Львів, 2000. – 275 с.
4. Архангельская В.А. Люминесценция, термо- и фотохимия возмущенных центров окраски в кристаллах типа флюорита со щелочными примесями / В.А. Архангельская // Известия АН СССР. – Сер.: Физическая. – 1982. – Т. 46, № 2. – С. 295-299.
5. Лисицин В.М. F_A-центры в CaF₂-NaF / В.М. Лисицин, В.Ф. Штанько // Оптика и спектроскопия : сб. науч. тр. – 1977. – Т. 42, № 4. – С. 760-761.
6. EPR of colour centres in alkaline metal doped calcium and strontium fluorides / A. Hamaidia, A. Nachimi, J. Margerie, J.F. Hamidy // Phys. Stat. Sol. (b). – 1986. – Vol. 138, № 2. – Pp. 213-218.
7. Hamidia A. Measurement of oscillator strengths of "F_{2A}" centres in MeF₂: A⁺ (Me = Sn, Sr; A⁺ = Li⁺, Na⁺, K⁺) / A. Hamidia, J. Margerie // Phys. Stat. Sol. – 1987. – Vol. 141, № 2. – Pp. 391-398.
8. Chorny Z.P. Crystals SrCl₂-K radiation sensitivity / Z.P. Chorny, I.B. Pirko, V.M. Salapak // Functional materials. – 2011. – Vol. 18, № 2. – Pp. 206-210.
9. Чорній З.П. F_D-центри в кристалах флюоритів, легованих лужними металами / З.П. Чорній, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.Р. Панасюк // Журнал фізичних досліджень : зб. наук. праць. – 2012. – Т. 16, № 1. – С. 1602-1-1602-8.
10. Чорній З.П. Центри забарвлення в кристалах CaF₂-Na і CaF₂-Li. I. Результати експериментальних досліджень / З.П. Чорній, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Фізика і хімія твердого тіла : зб. наук. праць. – 2012. – Т. 13, № 4. – С. 879-882.
11. Чорній З.П. Центри забарвлення в кристалах CaF₂-Na і CaF₂-Li. II. Результати теоретичних досліджень / З.П. Чорній, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Фізика і хімія твердого тіла : зб. наук. праць. – 2013. – Т. 14, № 4. – С. 717-720.
12. Чорній З.П. Радіаційні процеси в кристалах флюоритів з точковими дефектами дипольного типу. Одновимірні моделі / З.П. Чорній, І.Б. Пірко, В.М. Салапак, М.В. Дячук // Електроніка та інформаційні технології : зб. наук. праць. – 2013. – Вип. 3. – С. 70-78.

Чорній З.П., Пірко І.Б., Салапак В.М., Дячук М.В., Онуфрив О.Р., Кульчицький А.Д. Термоактивационные процессы в радиационно окрашенных кристаллах CaF₂-Me⁺

В модели линейного ионного кристалла исследованы радиационные параметры кристаллов CaF₂-Me⁺ после их повторного облучения ионизирующей радиацией. Показано, что исследованные кристаллы содержат два типа дорадиационных дефектов – термически равновесные дефекты дипольного типа [(Me⁺)(V_A)⁻(Me⁺)(V_A)⁺] и термически неравновесные электрически заряженные дефекты [(Me⁺)-(V_A)⁺(Me⁺)(V_A)⁻], где (Me⁺) – ион щелочного металла, (V_A)⁺ – анионная вакансия. Рассчитаны предельные концентрации центров окраски (F_A, F_A(1), M_A⁺, V_K, V_{KA}, V_{KA}(1)-центров), исследованы их термическая стабильность и термоиндуцированные преобразования.

Ключевые слова: кристаллы, радиация, центры окраски.

Chorny Z.P., Pirko I.B., Salapak V.M., Dyachuk M.V., Onufriv O.R., Kulchyckiy A.D. Thermally Activating Processes in Radiation Coloured Crystals of CaF₂-Me⁺

In the model of a linear ion crystal radiation parameters CaF₂-Me⁺ crystals are investigated after repeated exposure to ionizing radiation. It is shown that the tested crystals contain two types of pre-irradiation defects – thermally equilibrium dipole type defects [(Me⁺)(V_A)⁻(Me⁺)(V_A)⁺] and thermally nonequilibrium defects electrically charged [(Me⁺)-(V_A)⁺(Me⁺)(V_A)⁻], where (Me⁺) – alkali metal ion, (V_A)⁻ – anion vacancy. Concentration limits of colour centres (F_A, F_A(1), M_A⁺, V_K, V_{KA}, V_{KA}(1) centres) are calculated. Their thermal stability and thermally induced conversion are studied.

Keywords: crystals, radiation, colour centres.

УДК 620.95(438)

*Д-р Мечислава Солинска –
Університет "Politechnika Krakowska", Польща*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В ПОЛЬШЕ

Рассмотрены особенности использования биомассы для увеличения выработки возобновляемой энергии в Польше, что является одним из главных условий выполнения требований климатического пакета Европейского Союза (до 2020 г.). Среди разнообразных видов биомассы наибольший удельный вес в производстве возобновляемой энергии имеет сектор твердого биотоплива из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов, в котором в 2013 г. произведено 46,4 % электроэнергии и 97 % тепловой энергии из общего объема производства "зеленой" энергии. Оценены возможности увеличения выработки энергии из биомассы в современной польской экономике.

Ключевые слова: биомасса, биотопливо, возобновляемая энергия.

Постановка задачи. Биомасса является наиболее древним и часто используемым источником возобновляемой энергии. К биомассе относят отходы домашних хозяйств, продукты жизнедеятельности городского хозяйства, например: опавшие листья, отходы сельскохозяйственного и промышленного производства, рубки леса и т. п. В широком смысле биомасса – это любые органические вещества, разнообразные субстанции растительного или животного происхождения, которые подлежат биодеградации. Биомасса представляет собой третий по величине источник энергии на свете. Согласно определению Европейской комиссии, к биомассе относят пригодные к распаду продукты питания, отходы сельскохозяйственного производства (включая субстанции растительного и животного происхождения), лесного хозяйства и связанных с ними отраслей промышленности, а также подлежащие биологическому распаду отходы промышленности и городского хозяйства (Директива 2001/77/WE). В Польше, согласно Распоряжению Министра экономики и труда от 9 декабря 2004 г., биомасса – это подлежащие биологическому распаду твердые либо жидкие вещества растительного или животного происхождения, которые образуются из продуктов и отходов сельскохозяйственного производства, лесного хозяйства и перерабатывающей промышленности, а также остальные отходы, которые разлагаются биологически (Dz. U. Nr 267, poz. 2656). С целью производства биомассы выращиваются такие быстрорастущие растения, как ива корзиночная, горец или тростник, которые к тому же неприхотливы к почвам.

Данные GUS свидетельствуют о том, что выполнение Польшей требований климатического пакета ЕС до 2020 г. нереально без производства энергии на основе биомассы, которое составляет львиную долю производимой в стране "зеленой" энергии [9, с. 247-262]. Кроме того, такая деятельность стимулирует сельскохозяйственное производство и развитие сельской местности [15]. Наибольший удельный вес в выработке возобновляемой энергии приходится на твердое биотопливо (к примеру, в 2013 г. соответственный показатель составлял 46,4 % производства "зеленой" электроэнергии и свыше 97 % тепловой энергии).

Хотя различные аспекты использования альтернативных энергоносителей довольно широко исследованы в специализированной литературе, напри-

мер [1, 2, 7, с. 27-29; 9, с. 247-262; 14; 17], представляет определенный интерес обобщенная оценка возможностей выработки электрической и тепловой энергии из биомассы в современной Польше. Целью данного исследования избран анализ особенностей использования различных видов биомассы в качестве источника возобновляемой энергии.

Изложение основного материала. Значение биомассы в энергетическом балансе Польши существенно возросло после вступления в ЕС [10], когда поиск возможностей реализации польских обязательств относительно удельного веса энергии, получаемой из возобновляемых источников энергии, привлек повышенное внимание к биомассе. Оценивается, что в Польше можно получать 10 т биомассы на каждый гектар сельскохозяйственных угодий, что составляет эквивалент 5 т угля [7, с. 27-32]. Очень важно, что выращивание энергетических растений позволяет поглощать углекислый газ CO₂ при вегетации.

Различают три разновидности биомассы: твердая, жидкая и газовая. С целью производства энергии используется древесина и отходы ее переработки, специально выращиваемые растения, продукция сельского хозяйства или ее органические отходы, некоторые отходы жилищно-коммунального хозяйства и промышленности. Чем ниже содержание воды и чем выше удельный вес, тем выше энергетическая ценность биомассы. Например, очень ценным топливом являются древесные брикеты, изготавливаемые на основе измельченных отходов. Такое обогащенное топливо получают в процессе сушки, измельчения и уплотнения биомассы. На сегодня стоимость обогрева таким топливом значительно ниже по сравнению с мазутом.

При очистке сточных вод и на мусорных свалках появляется биогаз, который является смесью главным образом метана и углекислого газа. Его можно использовать для производства электроэнергии с помощью турбин, тепловой энергии в специальных котлах и обоих видов энергии – в устройствах смешанного типа. Существенно то, что таким способом устраняется выброс метана в атмосферу и создаются предпосылки для нейтрализации последствий глобального потепления климата.

Рассматривая жидкостное состояние, наибольшее значение имеет этанол, который производят из растений с высоким содержанием сахара, и биодизель, производимый из масличных культур. В результате ферментации, гидролиза или пиролиза, например кукурузы и сахарного тростника, получают этанол и метанол – биотопливо, которое добавляют к традиционному горючему. Около 90 % произведенного в США этанола используется для производства топлива E10, которое содержит 10 % этанола и может использоваться в обычном бензиновом двигателе [1]. В то же время топливо E85, содержащее 85 % этанола и 15 % бензина, могут использовать лишь специально оборудованные автомобили.

Среди видов твердого биотоплива наибольшее распространение получили брикеты, которые можно производить из любой растительной биомассы (чаще всего это тростник, стружка, другие отходы древесины, солома), и паллеты, для которых сырьем служит кора, древесная стружка, энергетические растения и солома. Жидкое биотопливо также производят из разнообразного сырья, с ис-

пользованием различных технологий. Что касается газообразного биотоплива, то, кроме биогаза, используется также древесный газ, который получают в процессе пиролиза.

Энергетические растения могут использоваться для выработки тепловой и электрической энергии, а также производства жидкого и газового топлива. Энергетические растения можно сжигать либо целиком, либо в виде брикетов или паллет. Такие растения позволяют использовать почвы низкого качества или загрязненных площадей, что чрезвычайно важно для Польши, где на 20 % площадей концентрация тяжелых металлов превышает допустимые нормы [18]. Кроме того, энергетические растения быстро растут, имеют высокую теплоемкость и устойчивы к болезням и вредителям.

Различают четыре группы энергетических растений:

- однолетние (зерновые, конопля, кукуруза, рапс, подсолнечник, сорго, тростник);
- древесные (тополь, осина, верба, эвкалипт);
- многолетние (мискантус, тростник, канареечник тростниковый, арундо тростниковый);
- свободно растущие породы деревьев.

В Польше наиболее распространенным растением является ива корзиночная (называемая также энергетической). Ее выращивание рентабельно вследствие благоприятных климатических условий [17].

Использование отходов сельскохозяйственного производства позволяет избежать потерь продукции и решает проблему утилизации. Сырьем для получения энергии могут служить солома, сено, сахарная свекла, сахарный тростник, картофель, рапс, отходы овощной продукции или продукты жизнедеятельности животных. Наиболее часто используется солома всех видов, однако наиболее ценной считается солома ржи, пшеницы, рапса и гречихи, а также коцаны кукурузы [8]. Поскольку солома зерновых культур используется главным образом как корм и подстилка для домашних животных, для производства электроэнергии используют ее излишек. С другой стороны, солома рапса, подсолнечника и бобовых культур не используется в сельском хозяйстве.

Использование соломы для производства энергии позволяет избежать ее сжигания на полях, что приносит большой урон для окружающей среды. Влажность соломы обычно пребывает в пределах от 10 % до 20 %, а ее энергетическая ценность и содержание пепла – соответственно 14,3 МДж/кг и 4 % сухой массы для соломы желтой и 15,2 МДж/кг и 3 % сухой массы – для соломы серой [18]. Хотя для производства энергии зачастую используются довольно редкие растения, не исключено использование таких распространенных растений, как овес. Главным компонентом биогаза является метан (свыше 40 %), а его свойства не отличаются от природного газа. В энергетике используется биогаз, полученный в результате ферментации мусора на свалках, продуктов жизнедеятельности животных, твердых веществ на очистных сооружениях.

К жидкому биотопливу относят: масло растительное, продукты пиролиза биомассы, биодизель (этирифицированное рапсовое масло), этанол. На сегодня высокая стоимость растительного масла не позволяет на его широкое ис-

пользование в энергетике. Вместе с тем продолжается поиск таких растений, которые могут использоваться исключительно в энергетике.

Энергетическая ценность является одним из наиболее важных термодинамических параметров твердого биотоплива. Пребывает в пределах от 6-8 ГДж/т для биотоплива с влажностью 50-60 % до 15-17 ГДж/т для биотоплива в состоянии сухого воздуха с влажностью 10-20 % и до 19 ГДж/т для биотоплива полностью высушенного (ЕС ВРЕС). Такие показатели уступают каменному углю (1,5 т высушенной древесины или соломы имеют ту же энергетическую ценность, что и тонна угля среднего качества) и значительно ниже свойств природного газа (табл. 1).

Табл. 1. Энергетическая ценность различных видов топлива

№	Топливо	Энергетическая ценность, ГДж/т
1	Газ пропан-бутан	45
2	Легкий мазут	42
3	Тяжелый мазут	40
4	Уголь	27
5	Кокс	25
6	Сухая древесина	19

Источник: [3].

Энергетическая ценность твердого биотоплива возрастает со снижением влажности, поскольку чем суше биотопливо, тем меньше энергии нужно для испарения воды в процессе сжигания (табл. 2). Энергоемкость твердого топлива = энергия сжигания топлива – энергия испарения воды, которая содержалась в топливе или возникла из водорода (влажность гигроскопическая).

Теплоемкость процесса сгорания – это количество тепла, которое возникает при полном сгорании единицы веса твердого топлива в кислородной среде при температуре 250 °С. Об энергетических свойствах древесины в наибольшей мере свидетельствует ее влажность и плотность, при этом меньшее значение имеют тип дерева и способ его обработки. Свойства соломы зависят главным образом от ее влажности. Слишком влажная солома не только имеет меньшую энергетическую ценность, но и создает большее загрязнение окружающей среды во время сгорания.

Абсолютная влажность древесины – это содержание воды в древесине к ее массе в полностью сухом состоянии (в процентах). Относительная влажность древесины – это содержание воды в древесине к ее массе во влажном состоянии (в процентах).

Табл. 2. Свойства твердого биотоплива

Вид биотоплива	Влажность, %	Энергоемкость, МДж/кг	Плотность, кг/м ³	Содержание пепла, %
Древесная стружка	20-60	6-16	150-400	0,6-1,5
Паллеты	7-12	16,5-17,5	650-700	0,4-1,0
Желтая солома	10-20	14,3	90-165	4,0
Серая солома	10-20	15,2	90-165	3,0
Древесина	20-30	11-22	380-640	0,6-1,5
Кора	55-65	18,5-20	250-350	1-3

Источник: [3].

Потенциал использования биомассы. Согласно данным Международной группы по исследованию изменения климата, годовой потенциал использования биомассы составляет 440 ЕДж, а жидкого биотоплива – 154 ЕДж [2]. Немецкий Verband der Elektrizitaetswirtschaft (VDEW) считает, что годовой потенциал биомассы на уровне 150 млрд т соответствует 100 млрд т каменного угля и в 10 раз превышает потребности человечества в энергии [13]. Около 99 % указанного потенциала составляет биомасса растительного происхождения, хотя потенциально можно использовать 20-30 %, а реально – лишь 6 млрд т. Использование биомассы для выработки энергии пока что не играет значительной роли, однако уже сейчас производство на уровне 50 ЕДж покрывает 12 % мирового спроса на энергию.

В Польше потенциал производства биотоплива оценивается на уровне 684,6 РДж в год, в том числе 407,5 РДж – для твердого биотоплива. Соответствующие возможности существуют в: сельском хозяйстве – 195 РДж, лесном хозяйстве – 101 РДж, садоводстве – 57,6 РДж, лесообрабатывающей промышленности – 53,9 РДж [14]. Районы северной и западной Польши располагают значительным потенциалом производства твердого биотоплива вследствие излишков сырья в сельскохозяйственных предприятиях. На севере страны, а также в северо-восточных и северо-западных регионах имеются наибольшие возможности использования биогаза, производимого из продуктов жизнедеятельности животных. Согласно данным Европейского Центра возобновляемых источников энергии, потенциал производства энергии из древесины и отходов садоводства составляет 8,81 млн т [8]. В то же время излишки соломы для использования в энергетике составляют 7,84 млн т в год.

Технологии использования биомассы. Сжигание, газификация, пиролиз, биохимические процессы считаются наиболее часто используемыми технологиями использования биомассы. Одним из биохимических процессов является алкогольная ферментация – процесс распада углеводов после добавки дрожжей до такого сырья, как пшеница, виноград или сахарная свекла, при ограничении доступа до кислорода. В результате такой ферментации получаем алкоголь. Алкогольная ферментация позволяет получить наиболее популярное жидкое топливо – биоэтанол, который составляет 90 % всех используемых жидких топлив. Биоэтанол чаще всего используется в качестве добавки к бензину, которая составляет от 5 % до 10 % топлива, но может использоваться и самостоятельно.

Другим используемым процессом является этерификация, когда масло, содержащее метанол (рапсовое, соевое, горчичное и др.), превращается в метиловый эфир. Так получают биодизель, жидкое биотопливо, которое подобно этанолу может использоваться либо самостоятельно, либо в качестве добавки к традиционному топливу (в пределах 5-25 %).

Метановая ферментация – это распад при ограниченном доступе воздуха макромолекулярных органических веществ (главным образом углеводов, белков, жиров и производных от них) до состояния алкоголя или низших органических кислот, а также метана, углекислого газа и воды. Финальным продук-

том метановой ферментации является биогаз – газовая смесь, которая состоит главным образом из метана и углекислого газа, а также в небольших количествах (около 1 %) сероводорода, аммиака, азота, углекислого газа, кислорода, водорода и тиолы. Вещества в твердом состоянии трудно разлагаются либо не разлагаются вообще. В целях получения энергии используется ферментация таких органических веществ, как продукты жизнедеятельности животных, пищевые отходы, бытовой мусор и вещества, получаемые при очистке сточных вод.

Преимущества и недостатки биомассы. Основным преимуществом биомассы является нулевой баланс эмиссии углекислого газа (CO_2) как продукта сгорания, а также меньшая эмиссия сероводорода (SO_2), оксида азота (NO_x) и оксида углерода (CO). Например, сгорание 1 ГДж дизельного горючего сопровождается эмиссией 1,255 кг оксида азота, 0,004 кг гемиоксида азота (N_2O) и 73,84 кг углекислого газа [14]. Сжигание аналогичного количества древесины является источником эмиссии 0,202 кг оксида азота, тогда как баланс эмиссии оксида азота и углекислого газа равняется нулю.

Стоит заметить, что использование биомассы с целью производства энергии является полезным для окружающей среды именно тогда, когда это происходит в процессе пиролиза или ферментации, а не во время непосредственного сжигания сырья.

Дополнительно получение энергии из биомассы предотвращает расточительство излишек продуктов питания, позволяет рационально использовать производственные отходы лесного и сельского хозяйства, а также утилизировать бытовые отходы. Мусорная свалка, где хранится 100 тыс. т бытовых отходов, в течение часа вырабатывает 50 м^3 биогаза – этого достаточно для производства 90 кВт электрической энергии и 156 кВт тепловой энергии [4]. Дополнительно снижается интенсивность неприятного запаха на мусорных свалках и значительно улучшается состояние прилегающей территории.

Запасы биомассы доступны во всем мире. Этот источник более надежен, чем ветровая или солнечная энергия. Соответствующее сырье можно складировать и использовать в зависимости от потребностей, а транспорт и складирование не создают таких угроз для окружающей среды, как в случае нефти или природного газа. Использование биомассы уменьшает риск лесных пожаров, в то время как выращивание растений в целях производства энергии позволяет использовать бросовые земли и рекультивировать участки с повышенным содержанием тяжелых металлов. Использование биомассы поддерживает развитие сельского хозяйства и создает положительный общественный эффект, поскольку растущий спрос на сельскохозяйственную продукцию стимулирует спрос и создает постоянные рабочие места.

К недостаткам биомассы относят:

- относительно низкую плотность сырья, что затрудняет его транспортировку и складирование,
- значительную влажность,
- меньшую энергоёмкость (тонне угля соответствуют две тонны древесины или соломы),
- сезонность получения некоторых видов отходов.

Биогаз получают в процессе анаэробной ферментации органических отходов, когда разложение происходит с помощью бактерий. Таким образом в биогаз превращается до 60 % исходного сырья. Согласно требованиям ЕС складирование отходов органического происхождения может происходить только таким способом, который гарантирует предотвращение неконтролируемых выбросов метана. Газ мусорных свалок должен сжигаться в факелах или энергетических установках, а продукты жизнедеятельности животных – ферментироваться. Два других источника ферментации – это бытовой мусор и сточный ил в станциях очистки сточных вод.

Биогаз состоит главным образом из метана (от 40 % до 70 %) и углекислого газа (около 40-50 %), но также содержит другие газы, например сероводород, оксид углерода, аммиак и кислород [11]. Для производства электрической или тепловой энергии может использоваться биогаз, который содержит более 40 % метана. Скорость распада органических веществ зависит от нескольких факторов. Положительно влияют постоянная высокая температура, высокая влажность (более 50 %) и кислотность (рН свыше 6,8), а также ограничение доступа воздуха.

Биогаз может использоваться несколькими способами. Газ мусорных свалок может поступать в газораспределительные сети, использоваться в качестве топлива или технологических процессах. Биогаз можно сжигать в специальных котлах вместо природного газа, а полученное тепло использовать в сетях центрального отопления. Произведенная электроэнергия может поступать в энергетические сети. Биогазовые установки имеют несколько преимуществ: производство "зеленой" энергии, ограничение эмиссии парниковых газов, снижение затрат на утилизацию отходов, предотвращение загрязнения земель, грунтовых вод, озер и рек, получение удобрений натурального происхождения, устранение неприятных запахов.

Отходы органического происхождения являются одной из основных составляющих бытовых отходов. Они подлежат натуральному процессу биодegradации. В оптимальных условиях из одной тонны отходов получают около 400-500 м^3 мусорного газа [6]. Однако не все отходы разлагаются полностью, а ферментация зависит от нескольких факторов. Поэтому считается, что из одной тонны отходов можно получить максимально до 200 м^3 мусорного газа.

На сегодня в мире эксплуатируются более 800 установок использования мусорного газа. В Европе наибольшие мощности имеет Великобритания (более 300 МВт). В Польше зарегистрировано около 700 мусорных свалок, которые каждый год вырабатывают более 600 млн м^3 метана. Принимая выход на уровне 30-45 % газа, из бытовых отходов практически можно ежегодно получать 135-145 млн м^3 метана, что эквивалентно 5235 ТДж.

Значительным источником биогаза является сельское хозяйство. Из 1 м^3 жидких отходов можно получить в среднем 20 м^3 биогаза, а из 1 м^3 навоза – 30 м^3 биогаза со средней энергоёмкостью около 23 МДж/ м^3 [2] Потенциал производства биогаза из отходов жизнедеятельности животных составляет 3310 млн м^3 , однако соответствующие установки рентабельны только в крупных хозяйствах.

Выводы. Биомасса как источник возобновляемой энергии может использоваться локально и отвечает критериям энергетической безопасности. Разнообразие сырьевой базы позволяет использование в различных технологических процессах. Экологичность биомассы определяется тем, что в процессе сжигания выбросы значительно ниже по сравнению с использованием каменного угля. Считается, что эмиссия углекислого газа в процессе сжигания биомассы равняется объему его утилизации во время ее возникновения.

Представленные в работе данные о величине биомассы в Польше позволяют ее использование также для выработки электрической и тепловой энергии с помощью эффективных энергетических установок. Однако следует учесть, что использование биомассы с целью производства энергии составляет альтернативу ее использованию для увеличения количества продуктов питания, а в рамках производства энергии из возобновляемых источников существует конкуренция между различными технологическими процессами.

Литература

1. Bioenergia: wykorzystanie zasobów biomasy do produkcji ciepła, energii elektrycznej i paliw transportowych. – Warszawa : Instytut Energtyki Odnawialnej, 2004. – 123 s.
2. Biomass: An Energy Resource for the European Union. – Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2000. – 17 p.
3. Biopaliwa / P. Gradziuk (red.). – Lublin : Akademia Rolnicza, 2003. – 160 s.
4. Czy warto segregować? Mechaniczno-biologiczna przeróbka odpadów komunalnych // Przegląd Komunalny. – 2004. – S. 10-12.
5. Dubas, J. Wierzbą energetyczna – uprawa i technologie przetwarzania / J. Dubas, A. Grzybek, W. Kotowski, A. Tomczyk. – Bytom : Wyższa Szkoła Ekonomii i Administracji, 2004. – 96 s.
6. Explodierende Spritreise: Alternativen gefrajter denn je // Ökoenergie. – 2005. – Nr 60. – S. 12.
7. Falencka-Jabłońska M. Biomasa źródłem energii odnawialnej – możliwości i wykorzystanie / M. Falencka-Jabłońska // Nowa Energia. – 2015. – Nr 2-3. – S. 27-29.
8. Grzybek P. Słoma – energetyczne paliwo / P. Grzybek, K. Gradziuk, K. Kowalczyk // Warszawa : Wyd-wo "Wież Jutra", 2001. – 71 s.
9. Guła, A., Barcik A. Odnawialne źródła energii – biomasa / A. Guła, A. Barcik // Zarys stanu i perspektyw energetyki polskiej: studium AGH / K. Jeleń, M. Cala (red.). – Kraków : Wydawnictwo AGH, 2009. – S. 247-262.
10. Gutowska, A.E. Biomasa jako surowiec energetyczny / A.E. Gutowska // Energia odnawialna. Jak z niej korzystać? – Białystok: Podlaska Fundacja Rozwoju Regionalnego, 2007. – 34 s.
11. Kubica K. Spalanie biomasy i jej współspalanie z węglem – techniki, korzyści i bariery / K. Kubica. – Zabrze : Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla. – 2003. – 145 s.
12. Odnawialne źródła energii jako element rozwoju lokalnego: przewodnik dla samorządów terytorialnych i inwestorów / G. Wiśniewski (red.). – Warszawa : Wyd-wo EC BREC/IMBER. – 2003. – 186 s.
13. Scheiber E. Schweden gibt Biogas! / E. Scheiber // Ökoenergie. – 2005. – Nr 60. – S. 11.
14. Ściażko M. Produkcja ciepła z biomasy drzewnej w ogrzewnictwie indywidualnym i komunalnym / S. Flejterski, P. Lewandowski, W. Nowak (red.) // Energia odnawialna na Pomorzu Zachodnim: I regionalna konferencja (Szczecin, 26 listopada 2003 r.). – Szczecin : Wydawnictwo Hogben, 2003. – 283 s.
15. Strategia rozwoju energetyki odnawialnej. – Warszawa : Wyd-wo Ministerstwo Środowiska, 2000. – 34 s.
16. Spalanie, gazyfikacja, piroliza // Eko-Wat. – 2002. – Nr 1. – S. 8-11.
17. Szczukowski S. Wierzbą energetyczna / S. Szczukowski, J. Tworkowski, M.J. Stolarski.. – Kraków : Wyd-wo Plantpress, 2004. – 78 s.
18. Wiśniewski G. Energetyczne wykorzystanie drewna i słomy. Możliwości i doświadczenia praktyczne / G. Wiśniewski, M. Pisarek // Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii na szczeblu lokalnym. – Poznań; Kraków; Warszawa, 1999. – 126 s.

Солінська Мечислава. Використання біомаси як джерела відновлюваної енергії в Польщі

Розглянуто особливості використання біомаси для збільшення обсягів виробництва відновлюваної енергії в Польщі, що є однією з основних передумов виконання вимог кліматичного пакету Європейського Союзу (до 2020 р.). Серед різноманітних видів біомаси найбільшу питому вагу у виробництві відновлюваної енергії має сектор твердо-біопалива з рослинної чи тваринної сировини, з продуктів життєдіяльності організмів чи промислових відходів органічного походження, де у 2013 р. вироблено 46,4 % електроенергії та 97 % теплової енергії від загального обсягу виробництва "зеленої" енергії. Оцінено можливості збільшення обсягів виробництва енергії з біомаси у сучасній польській економіці.

Ключові слова: біомаса, біопаливо, відновлювальна енергія.

Solinska Mechyslava. Biomass as a Source of Renewable Energy in Poland

Preconditions for using biomass in order to increase Poland's energy production out of renewable sources as it is required by the European Union's climate package (by 2020) are considered. Among various types of biomass, the highest share in renewable energy production is kept by the sector of biofuel production out of products of either plant or animal origin, and organic industrial residues, where 46,4 % of electrical energy and 97 % of thermic energy in the total amount of "green" energy production is supplied as of 2013. Potential directions of an increase in the energy production out of biomass in the contemporary Poland's economy are discussed.

Keywords: biomass, biofuels, renewable energy, green energy.

УДК 621.865 *Асист. В.М. Корендій, канд. техн. наук; студ. О.С. Бушко; студ. О.Ю. Качур; студ. Р.Ю. Скрипник – НУ "Львівська політехніка"*

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ОСНАЦЕННЯ КРОКУЮЧОГО МОДУЛЯ НА БАЗІ ДВОХ ЦИКЛОВИХ РУШІЙ МЕХАНІЗМАМИ ОРІЄНТАЦІЇ ТА СТАБІЛІЗАЦІЇ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ

Обґрунтовано доцільність сфери використання крокуючих машин. Розглянуто три найпростіші схеми циклових (важільних) механізмів крокування: чотириланкового, чотириланкового з можливістю зміни положення осі повороту коромисла, шестиланкового. Запропоновано принципові схеми та проаналізовано особливості функціонування механізмів орієнтації (важільного, рейково-важільного, важільного з використанням черв'ячної передачі) та стабілізації вертикального положення (важільних з використанням конічної зубчастої передачі, ланшкової передачі тощо) крокуючого модуля з двома цикловими рушійми.

Ключові слова: крокуюча машина, цикловий рушій, механізм орієнтації, механізм стабілізації вертикального положення.

Вступ. Переважна більшість наземних транспортних засобів мають колісний або гусеничний рушій. Необхідність їх застосування та подальшого удосконалення обґрунтовується відносною простотою конструкції та високою ефективністю роботи. Однак трапляються такі експлуатаційні ситуації, коли використання колісних чи гусеничних рушіїв є недоцільним, неефективним, а інколи навіть і неможливим. Тому постійно проводять дослідження, які стосуються розроблення нових типів рушіїв, що відповідають вимогам високої профільної та ґрунтової прохідності, екологічності, маневреності тощо [1-8]. До них, зокрема, належить крокуючий рушій [5, 8].