



Рисунок 3 – Изменение значений логарифма относительной концентрации ($\ln C_t$) и кофеина под действием УФ излучения в присутствии фотокатализаторов на основе TiO_2

Таким образом, наиболее активным является немодифицированный катализатор.

Авторы благодарны др. Ф. Брюзеру (Лейбниц-институт физики и технологии плазмы, г. Гейфсвальд, Германия) за помощь в обработке катализаторов и предоставлении материалов и химреактивов. Работа выполнена в рамках проекта «Разработка физико-химических принципов плазмоактивированного синтеза и модификации микродисперсных полупроводниковых фотокатализаторов, допированных наночастицами» ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма «Нanomатериалы и нанотехнологии» (шифр 2.73).

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste/>. – Дата доступа: 11.03.2019.
2. Shcherbina, E. Pharmaceuticals waste / E. Shcherbina, A. Batyan, A. Kireykov // Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века: материалы 17-й международной научной конференции, 18-19 мая 2017 г. г. Минск, Республика Беларусь: в 3 ч. / МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ; под ред. С.А.Маскевича, С.С.Позняка. – Минск, 2019. – Ч.2. – С.187-188.
3. Sarkar, S. Photocatalytic degradation of pharmaceutical wastes by alginate supported TiO_2 nanoparticles in packed bed photo reactor (PBPR) / S. Sarkar, S. Chakraborty, C. Bhattacharjee // Ecotoxicology and Environmental Safety, 2015. – V. 121. – P.263-270.
4. Savastenko, N. Plasma-assisted methods for enhancement the photocatalytic performance of TiO_2/N . Savastenko, V. Brüser, S. Maskevich // Сахаровские чтения 2019 года: экологические проблемы XXI века: материалы 19-й международной научной конференции, 23-24 мая 2019 г., г. Минск, Республика Беларусь: в 3 ч. / МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ; под ред. С.А.Маскевича, С.С.Позняка. – Минск, 2019. – Ч.3. – С.158-161.
5. Savastenko, N. A. Plasma-Assisted Synthesis of Polymer-Capped Dye-Sensitized TiO_2 -Based Photocatalysts for Methyl Orange Photodecomposition / N.A. Savastenko, V. Brüser, S.A. Maskevich // Proceedings of the IX Intern. Confer. Plasma Physics and Plasma Technology (PPPT-9), Minsk, Belarus, Sept. 17-11, 2018. / – Eds.: N.V. Tarasenko, A.A. Nevar and N.N. Tarasenko. – Minsk: Kovcheg, 2018. – P.433-436.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАССЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ PROSPECTS FOR THE USE OF BIOMASS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

А. Ф. Павлова, И. А. Ровенская
A. Pavlova, I. Rovenskaya

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
anasstsiapavlova@gmail.com
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

В данной статье изучен потенциал использования биомассы как источника энергии и дана оценка техническим возможностям и экологическим последствиям использования биомассы в Республике Беларусь. В работе представлена общая характеристика биомассы, а именно ее виды, основные способы переработки, варианты использования и внедрения биомассы, уже представленные на сегодняшний день в зарубежных странах и в Республике Беларусь.

This article explores the potential use of biomass as an energy source and assesses the technical capabilities and environmental consequences of using biomass in the Republic of Belarus. This paper presents a general description of biomass, namely its types, main processing methods, options for the use and implementation of biomass, already presented today in foreign countries and the Republic of Belarus.

Ключевые слова: биомасса, биотопливо, биоэнергетика, биотехнологии, биоконверсия, возобновляемые ресурсы.

Keywords: biomass, biofuel, bioenergetics, biotechnologies, bioconversion, renewable resources.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-412-416>

С каждым годом мировое потребление энергии увеличивается и на каждого человека для обеспечения должного уровня удовлетворения его растущих запросов требуется все больше энергетических ресурсов. Вместе с тем, традиционные источники энергии имеют ряд недостатков, к которым относятся: выбросы в атмосферу значительного количества загрязняющих веществ; высокое негативное влияние на окружающую среду, связанное с газовыми выбросами, приводящими к парниковому эффекту, и уменьшение запасов ископаемых энергоносителей. Решить данную проблему способно развитие альтернативных видов энергетики, особенно тех, которые базируются на использовании возобновляемых источников энергии. Однако пути реализации данного направления для современных ученых пока не совсем очевидны. На сегодняшний день возобновляемые источники дают не более 20 % общемирового потребления энергии, причем основной вклад в эти проценты составляют биомасса и гидроэнергетика.

Согласно определению Европейской Комиссии [1], биомасса – это органический материал, источниками которого является вся наземная и водная растительность, в том числе деревья и все отходы живых организмов, такие как твердые бытовые отходы, вещества биологического происхождения, отходы лесного хозяйства, животноводства, сельскохозяйственные отходы и отдельные виды промышленных отходов. Всего на планете Земля находится 550 млрд. т биомассы, ежегодно возобновляется 200 млрд. т, а 80 % (450 млрд. т) от общего количества приходится на растительный мир, второе место занимают бактерии (70 млрд. т) [2]. Как и любой другой источник энергии, биомасса имеет ряд преимуществ и недостатков. К первым относятся:

- распространенность, в следствие чего, доступность;
- уменьшение антропогенной нагрузки на окружающую среду. Биомасса никак не влияет на парниковый эффект, так как количество выделяемого диоксида углерода равно количеству поглощаемого в процессе роста биомассы;
- уменьшение количества полигонов (так как отходы биомассы относятся к твердым органическим);
- универсальность (из биомассы можно получить любой вид энергии – газ, горючая жидкость, тепло или электричество);
- дополнительные доходы для сельских районов, что связано с распространенностью биомассы, а значит развитием на местном уровне;
- дешевизна использования, по сравнению с традиционными источниками;
- обеспечение экономической безопасности тех стран, которые не имеют на своей территории запасов такого топлива, как, например, нефть.

Однако использование биомассы как альтернативного источника топлива имеет ряд недостатков. К ним относятся:

- сжигание биомассы приводит к выбросу загрязняющих веществ в атмосферу. Основными загрязнителями в этом случае являются окислы азота, пыль, сажа и окислы углерода;
- для получения биомассы необходимы обширные территории;
- рост населения приводит к увеличению нужды в производстве пищевых ресурсов. То есть замена пищевых сельскохозяйственных посадок посадками биомассы может привести к обострению проблемы недостатка продуктов питания в развивающихся странах;
- транспортировка биомассы к компостным заводам или топкам сопровождается затратами энергии.

Однако подробные оценки возможного экологического вреда при применении биомассы не проводились, и требуют более широкомасштабных исследований. Из биомассы путем различных преобразований можно получить тепло, энергию, электричество и биотопливо. Биотопливо – топливо, получаемое непосредственно или через промежуточные этапы из биомассы. Само по себе понятие «биотопливо» включает в себя три вида топлива в соответствии с их агрегатным состоянием: твердое топливо (древесина, отходы деревообработки, щепа, лузга, торф, отходы жизнедеятельности животных и т.п.), жидкое топливо (биоэтанол, биодизель, биометанол) и газообразное топливо (синтезированные в ходе переработки биомассы газы, такие как биоводород, биогаз, метан). Другой классификацией биотоплива является деление его на первое, второе и третье поколение, в зависимости от вида получаемого биотоплива и его свойств. К биотопливу первого поколения относят биоэтанол, получаемый из традиционного пищевого сырья (сахарной свеклы, тростника, кукурузы, зерновых), биодизель, получаемый из пищевых растительных масел (рапса, пальмового масла и пр.), а также чистые растительные масла. Данный вид биотоплива стал объектом многочисленной общественной критики, так как выращивание необходимых для его получения культур наносит ущерб климату, а их изъятие с рынка влияет на ценообразование продуктов.

Сырьем для биотоплива второго поколения выступают отдельные виды специально выращиваемых энергетических растений, отходы деревообработки и пищевые отходы, которые относятся к непродовольственному сырью. Совершенно новым направлением развития биоэнергетики на основе биомассы является использование в качестве исходного сырья водорослей, что является биотопливом третьего поколения. Энергетический выход переработки водорослевой биомассы превосходит любое другое непродовольственное сырье; выращивание водорослей не требует эксплуатации земельных угодий, что позволяет рассматривать водоросли как экологически устойчивое биосырье, не имеющее негативных последствий с точки зрения сохранения биоразнообразия и соответствующего принципам устойчивого развития землепользования [3].

Выращивание культур непосредственно для производства энергии имеет большой потенциал. По сценариям Межправительственной комиссии по изменению климата в 2060 году в мировом масштабе под биоэнергетические плантации будет отведено 385 млн. га [4], в том числе за счет использования деградированных и непродуктивных земель, излишков сельскохозяйственных площадей. В целом, с модернизацией до должного уровня в различных регионах сельского хозяйства, и учитывая необходимость сохранения и улучшения мировых природных территорий, в XXI веке для производства энергии из биомассы может быть пригодно 700-1400 млн. га.

Развитые и развивающиеся страны находятся на разных стадиях развития биоэнергетики. Уже сейчас доля энергии, производимой из биомассы в традиционной или современной форме, в мире составляет 14 %, в то время как потенциал оценивается в более чем 90 %. Сегодня существует несколько прогнозных сценариев развития использования биомассы и получаемой в результате обработки энергии в мировом масштабе. В соответствии с прогнозом Мирового энергетического совета (далее—МИРЭС), в 2050 году потребление энергии возрастет более чем в 2 раза по сравнению с 1993 годом. Поэтому сейчас использование биомассы получает активную поддержку мирового сообщества, в следствие чего активно развивается и финансируется. Так, согласно планам, и руководствуясь Директивой о возобновляемой энергии, Европейский Союз планирует увеличить процент потребления биомассы до 30 % к 2030 году, а в некоторых сценариях даже до 75 % к 2050 году.

К основным направлениям использования биомассы в ЕС относятся:

1) использование биомассы в качестве топлива, для получения тепла (отопление жилых домов) и для обеспечения промышленной отрасли. Основным видом биотоплива в странах Европейского союза принято считать биодизель, получаемый из холодоустойчивых масел (рапсовое, подсолнечное, пальмовое).

2) использование древесины (38,4 % среди возобновляемых источников энергии) в качестве источника энергии. Увеличению данного сектора способствует проводимая европейская энергетическая политика, одной из главных целей которой является активизация применения твердой биомассы. К ее источникам относятся энергорастения, древесные отходы, побочные продукты лесного хозяйства и деревообрабатывающей промышленности.

3) особое внимание уделяется переработке отходов сельскохозяйственного производства и городских отходов с целью их дальнейшего преобразования, и получения биогаза.

По данным Статистической службы Европейского союза к пяти крупнейшим потребителям биоэнергии относятся Германия, Франция, Италия, Швеция и Финляндия. В США также предпринимаются шаги по развитию сектора энергетики, источником для которого служит биомасса. Однако США имеют несколько иные направления использования биомассы. К ним относятся:

1) активное использование биотоплива, которое становится возможным благодаря поддержке государства, например, согласно Закону «Об энергетической независимости и безопасности», принятому в 2007 году. Кроме того, согласно программе правительства США, страна должна использовать к 2022 году 36 млрд. т биотоплива. В результате почти весь бензин, который в настоящее время продается в США, содержит некоторое количество этанола. Таким образом, биоэтанол является основным видом биотоплива в государстве.

2) использование древесины в жилом секторе (для отопления каминов и печей или в виде гранул для пеллетных печей) в качестве источника тепла и энергии. В 2018 г. на древесную энергию уже приходилось 2 % общего потребления.

3) внедрение производства биодизельного топлива из водорослей с высоким содержанием масла. Однако данная сфера деятельности еще не получила должного развития.

4) получение и использование биогаза. Главным образом он используется на блочных теплоэлектростанциях, но также может применяться для получения топлива для транспортных средств.

В Китайской Народной Республике (далее—КНР) в 2016 году ежегодное использование биомассы было эквивалентно более чем 50 млн. тонн условного топлива в год (т.у.т/год). Основными направлениями использования биомассы для данного государства являются:

1) использование древесины в качестве твердого биотоплива. На данный момент в КНР выпускается более 6 млн. тонн брикетируемого биотоплива и 200 тыс. тонн в год древесных топливных пеллет. По предварительным подсчетам комитета энергетики комиссии национального развития и реформ КНР запасы биомассы в стране будут исчисляться 800 млн. т.

2) стимулирование развития биоэнергетических и биохимических отраслей промышленности за счет страхования рисков, субсидий и налоговых льгот. Данное направление является целями комплекса политических мер, принятых в 2006 году.

3) получение и использование биотоплива на основе этанола. В настоящее время этанол составляет 20 % от общего объема автомобильного топлива, потребляемого в КНР.

Республика Беларусь относится к категории стран, которые не обладают значительными топливно-энергетическими ресурсами. На сегодняшний день за счет собственных источников покрывается только 17 % потребностей [5]. Поэтому развитие нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и увеличение доли использования местных видов топлива является приоритетным направлением энергетической политики страны, а для развития принимается ряд законов и постановлений, таких как Закон «О возобновляемых ресурсах» 2010 года и Директива Президента №3. Самой лучшей альтернативой традиционным источникам энергии, таким как уголь, нефть и газ в наших условиях признается использование биомассы в качестве топлива.

В Республике Беларусь в качестве биотоплива могут быть использованы: биомасса древесины и отходы древесины, которые образуются при ее вырубке и последующей обработке; биомасса быстрорастущих травянистых и кустарниковых растений; отходы, получаемые от мелиоративных работ, расчистки территорий под новое строительство; отходы растениеводства; горючие отходы перерабатывающей и пищевой промышленности, животноводства; горючая часть коммунальных отходов, а также лигнин.

К основным направлениям использования биомассы в наших условиях признается:

1) использование древесины и отходов лесопиления. В Беларуси 42 % территории занимают леса, причем запас древесины оценивается в около 1,2 млрд. м³, а ежегодный сбор не превышает 4,5 млн. м³ (25 %). Поэтому данное направление признается в наших условиях наиболее перспективным. Основными потребителями древесной биомассы на данный момент являются энергетические установки предприятий Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь и концерна «Белэнерго». Кроме древесины активно используются запасы торфа.

2) одним из перспективных направлений является посадка кустарниковых и травянистых быстрорастущих энергорастений. По предварительным оценкам, в масштабах Республики Беларусь имеется около 100 тыс. га земель технически доступных в настоящее время для «энергетических» посадок, к тому же, согласно прогнозам, потенциал биомассы быстрорастущих кустарниковых и травянистых энергорастений может составить от 0,6-0,8 млн. т.у.т/год. Особый интерес представляет ива, выращивание которой в других странах дало положительные результаты (10-15 т на 1 га). Кроме того, в условиях нашего климата могут выращиваться береза и сосна, из травянистых же растений особый интерес представляет семейство гречишных.

3) использование гидролизного лигнина – побочного продукта гидролиза древесины. По предварительным оценкам, использование лигнина, в том числе отвального, позволит вовлечь в топливный баланс страны до 100 тыс. т.у.т/год. Активное развитие данный вид использования биомассы получил на промышленных объектах в городах Бобруйске и Речице.

4) получение и использование биогаза – смеси газов, состоящей из метана и углекислого газа. Его можно получать из различных источников, например, из органических отходов с мусорных свалок, из городских канализационных стоков, органических отходов промышленных предприятий, домашних хозяйств и мелких производств, а также сельскохозяйственных отходов и энергетических растений. Традиционно биогаз получают на фермах и птицефабриках, однако самым перспективным для нашего государства является строительство биогазовых установок. Сегодня в Республике Беларусь работает более 20 подобных установок.

5) использование отходов промышленности и сельского хозяйства. В качестве биомассы используются отходы промышленности, а кроме них отходы растениеводства, горючие отходы в перерабатывающей и пищевой промышленности, животноводства, городские стоки и мусор. Однако использование данного вида биомассы имеет ряд недостатков. Оно не безопасно, так как выделяет при переработке вредные вещества, а процесс его использования и захоронения не экологичен.

К основным методам переработки биомассы относится биохимическая, физико-химическая и термохимическая конверсия. К первой относится процесс анаэробного брожения, в результате которого можно получить биотопливо, например, этанол или бутанол, а также биогаз и тепловую энергию. К термохимическим методам относится пиролиз, сжигание, сжижение и газификация, продуктами образования которых являются жидкие, твердые и газообразные энергетические продукты, такие как этилен, пропилен или бензол. К физико-химическим относятся прессование, извлечение и этерификация.

Самым простым и популярным способом переработки биомассы является ее сжигание. В результате данного процесса связанная в биомассе химическая энергия путем прямого сжигания на специальных установках и в следствие процесса окисления превращается в тепло. Однако данный способ является значительным источником загрязнения окружающей среды, так как приводит к выбросам в атмосферный воздух окислов азота и серы, сажи, золы и прочих примесей. Более современными способами переработки биомассы является пиролиз и анаэробное брожение. Два данных способа в данный момент получают большую популярность и средства финансирования.

Пиролиз – это термическое разложение органических соединений, к которым относится уголь, древесина, нефтепродукты и прочие химические вещества без доступа к воздуху. Традиционный пиролиз заключается в нагреве исходного материала в условиях почти полного отсутствия воздуха, обычно до температуры 300-500 °С до полного удаления летучей фракции. Остаток, известный под названием древесный уголь, в несколько раз более энергоемкий и удобный для транспортировки материал. Он полезен для отопления жилого фонда, производственных процессов. Технология быстрого пиролиза позволяет получить бионефть – эффективное топливо, удобное в хранении и транспортировке. Еще одно вещество, которое можно получить путем пиролиза – феноловое масло, применяемое для изготовления пластмасс, изопенов, древесного клея.

Анаэробное брожение представляют собой разложение органики в отсутствии воздуха. При данном процессе разложение происходит под воздействием бактерий, а не высоких температур, как в случае пиролиза. Этот процесс происходит практически во всех биологических материалах и ускоряется в теплых и влажных условиях. Часто он имеет место при разложении растений на дне водоемов. Анаэробное сбраживание также происходит в условиях, создаваемых в процессе человеческой деятельности. Например, биогаз образуется в местах концентрации сточных вод, навозных стоков ферм, а также твердых бытовых отходов на свалках и полигонах. Результатом данного процесса является биогаз, содержащий до 80 % метана, который может служить в качестве источника энергии.

Другие способы переработки биомассы, такие как эвтерификация, газификация и сжижение также используются для получения энергии, однако на данном этапе развития их использование не является столь распространенным. Что касается физико-химических методов переработки биомассы, то данные методы хоть и используются в современном мире, однако постепенно теряют свою популярность, уступая место более современным и менее энергозатратным методам.

Таким образом, очевидно, что биомасса относится к наиболее перспективному виду возобновляемого топлива. Ее содержание на Земле равно 550 млрд. тонн, даже при использовании половины от данного значения, возможно значительно снизить использование традиционных источников топлива и уменьшить отрицательное влияние на окружающую среду. Однако, кроме положительных сторон, биомасса имеет свои недостатки, главным из которых является потребность отведения значительных земельных ресурсов, чем не могут пожертвовать многие государства. Доля энергии, производимой из биомассы в традиционной или современной форме, в мире составляет 14 %, в то время как потенциал оценивается в более чем 90 %. Особую популярность биомасса приобрела в странах Европы и США, где активно используется в качестве жидкого, твердого и газообразного сырья для энергетической, тепловой, биотопливной и иных отраслей. В Республике Беларусь биомасса пока что не является крупным источником энергии, однако данная отрасль постепенно начинает развиваться, что с учетом будущих сценариев может стать перспективным направлением развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gurria, P., Ronzon, T. Biomass flows in the European Union // Luxembourg: Publications Office of the European Union. – 2017. – 22 p.
2. Yinon, M., Phillips, R., Milo, R. The biomass distribution on Earth // Paul G. a Department of Plant and Environmental Sciences, Weizmann Institute of Science. – 2018. – Vol. 115. – 6507 p.
3. Интернет-энциклопедия по обустройству сетей инженерно-технического обеспечения [Электронный ресурс]. URL: <https://sovet-ingenera.com>. – (дата обращения 17.02.2020).
4. Pachauri, R. K., Meyer, L. A. AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014 // IPCC. – 2014. – 98 p.
5. Энергия биомассы: использование местных видов топлива в Республике Беларусь и за рубежом // Общественное объединение «Экопроект». – 2005. – 4 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СОЛОДА INCREASE ENERGY EFFICIENCY OF MALT PRODUCTION

В. А. Пашинский¹, О. В. Бондарчук²
V. Pashynski¹, O. Bondarchuk²

¹Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
²БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь,
Pashynski@mail.ru

¹Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus
²BGATU, Minsk, Republic of Belarus

Представлены результаты оценки размера пор пивоваренного ячменя не обработанного и обработанного неоднородным электрическим полем высокой напряженности, которые существенным образом влияют на количество влаги впитываемой в процессе его замачивания и, в конечном счете, влияют на расход энергоресурсов при его сушке, при получении солода.

The results of estimating the pore size of malting barley not treated and treated with a non-uniform electric field of high tension are presented, which significantly affect the amount of moisture absorbed during its soaking and, ultimately, affect the energy consumption when drying it upon receipt of malt.

Ключевые слова: пивоваренный ячмень, напряженность электрического поля, солод, влагопоглощение, сушка, энергоемкость сушки, экстракт солода.