

СПОСОБЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОМАССУ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЕЕ В БИОТОПЛИВО METHODS OF CONVERTING BIOMASS INTO BIOFUEL

Ю. М. Шуля, В. А. Пашинский
Yu. M. Shulya, V. A. Pashynski

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт
имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ
г. Минск, Республика Беларусь
et@iseu.by yuliyashulya@gmail.com pashynski@mail.ru

¹Belarusian State University, BSU
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

В данной статье представлена классификация биотоплива, описаны способы воздействия на биомассу (физическое, физико-механическое, химическое, биохимическое, термическое, комбинированное) для получения биотоплива. В качестве примеров комбинированного воздействия на биомассу описаны основные этапы получения твердого биотоплива (пеллеты), газообразного биотоплива (биогаз) и жидкого биотоплива (биодизель).

The article contains a classification of biofuels, also there are methods of converting biomass into biofuel (physical, physical-mechanical, chemical, biochemical, thermal, combined). As examples of combined methods of converting biomass the main stages in the production of solid biofuel (pellets), gaseous biofuel (biogas) and liquid biofuel (biodiesel) are described.

Ключевые слова: биомасса, биотопливо, биоэнергия, пеллеты, биогаз, биодизель.

Keywords: biomass, biofuel, bioenergy, pellets, biogas, biodiesel.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-212-215>

Использование возобновляемых источников энергии и местных видов топлива для выработки тепловой и электрической энергии в настоящее время является неотъемлемой частью любой энергетической системы, а том числе и в Республике Беларусь. В Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь среди национальных интересов в топливно-энергетической сфере указано «развитие собственной энергосырьевой базы на основе экономически обоснованного использования местных видов топлива, прежде всего возобновляемых источников энергии» [1]. Также в Государственной программе «Энергосбережение» на 2021-2025 годы среди стратегических задач в сфере энергосбережения выделено «снижение зависимости Республики Беларусь от импортируемых энергоресурсов за счет максимально возможного вовлечения в топливно-энергетический баланс страны собственных топливно-энергетических ресурсов, включая возобновляемые источники энергии» [2].

По виду возобновляемые источники энергии подразделяются на энергию солнца, ветра, движения водных потоков, геотермальную энергию, а также биоэнергию. Биоэнергия представляет собой энергию, полученную при использовании биотоплива. Можно выделить четыре поколения биотоплива [3]:

- **биотоплива первого поколения** получают из биомассы, которая используется в пищевой промышленности, например, пшеницы, сои, кукурузы;
- **биотоплива второго поколения** производятся из непищевой биомассы, это растительные отходы, солома, древесная биомасса, органический мусор и т. д.
- **третье поколение биотоплив** производится из водорослей и микроорганизмов, данное направление в настоящее время активно исследуется;
- также выделяют **четвертое поколение биотоплив**. Для получения такого топлива используются водоросли, модифицированные при помощи генной инженерии (расширение третьего поколения).

Для того, чтобы биомассу преобразовать в биотопливо необходимо произвести одно или несколько видов воздействий. Среди способов воздействия можно выделить следующие [4]:

– **физическое воздействие.** К физическому воздействию относится сушка и экстракция. При производстве пеллет и брикетов исходное сырье должно быть высушено до параметров, определяемых технологическим процессом. При производстве древесного угля (пиролизе) также присутствует этап окончательной сушки древесины. Экстракция используется для получения масел из семян масличных культур при производстве биодизеля, для извлечения из сахарной свеклы сахарозы при производстве биоэтанола.

– **физико-механическое воздействие.** Данный вид воздействия на биомассу включает в себя измельчение, прессование и т. д. И измельчение, и прессование применяются при производстве различных видов топлива как

первого поколения, так и второго поколения. Например, древесная биомасса при помощи различных рубительных машин и дробилок перерабатывается в щепу, дробленку и т. д., которые могут быть использованы уже как биотопливо для прямого сжигания в котельных установках, так и для дальнейшей переработки в пеллеты и брикеты. Прессование также используется для получения масла из масличных культур как для получения жидкого биотоплива.

– **химическое воздействие** – катализ, этерификация. Процесс этерификации применяется при производстве биодизеля. Биодизель представляет собой обобщенное название жидких биотоплив, которые образуются путём этерификации масел или переэтерификации жиров, агентом этерификации является метиловый или этиловый (реже) спирт. При производстве бионефти применяется катализ.

– **биохимическое воздействие** – процессы, агентами которых являются ферменты и микроорганизмы. К процессам получения биотоплива в результате биохимического воздействия относятся процессы получения биогаза, свалочного газа, биометана, а также при производстве спиртов.

– **термическое воздействие**. К данному виду воздействия можно отнести скоростной пиролиз, обычный пиролиз, газификацию.

– **комбинированное воздействие**. Как правило, при производстве любого вида биотоплива используется не один вид воздействия, а несколько процессов переработки.

Примером комбинированного воздействия на биомассу может быть процесс производства древесных гранул (пеллет). Данный технологический процесс состоит из ряда этапов: подготовка сырья, измельчение древесины в щепу, сушка измельченной древесины, мелкое дробление, смешивание и водоподготовка, прессование, охлаждение и сушка, и окончательный этап – упаковка. На первом этапе осуществляется подготовка сырья к измельчению, производится окорка древесины (физико-механическое воздействие). Цель данного этапа – снизить содержание песка, золы в исходном сырье. На этапе измельчения древесины в щепу осуществляется крупное дробление (физико-механическое воздействие), с целью быстрой и качественной сушки измельченной древесины (физическое воздействие) и дальнейшего мелкого дробления (физико-механическое воздействие). Этап смешивание и водоподготовка необходим для поддержания оптимальной влажности прессуемого сырья, так как сырье с влажностью менее 8% плохо поддается процессу прессования. Этап охлаждение и сушка (физическое воздействие) необходим для того, чтобы избежать самовоспламенения древесных гранул и дальнейшего безопасного хранения в упаковках.

Вторым примером комбинированного воздействия на биомассу для производства биотоплива может быть процесс получения биогаза. Общая последовательность получения биогаза включает следующие технологические этапы (рис.1) [5]:

- менеджмент субстрата (поставка, хранение, подготовка, транспортировка и подача в реактор);
- получение биогаза;
- хранение, подготовка и внесение остатков от брожения;
- хранение, подготовка и использование биогаза.

На первом технологическом этапе при подготовке и предварительной обработке осуществляются следующие виды воздействия на биомассу: физико-механическое воздействие (измельчение, гомогенизация), также при необходимости может проводиться гигиенизация субстрата – физическое воздействие. Получение биогаза (второй технологический этап) связано с применением биохимического воздействия, сбраживание происходит под воздействием различных микроорганизмов в зависимости от этапа. Также на втором технологическом этапе применяется физическое воздействие: поддержание температуры на заданном уровне в зависимости от режима сбраживания (психрофильный, мезофильный, термофильный). При подготовке биогаза к использованию могут применяться различные способы обессеривания (биологические, химические, физические технологии). Для просушивания биогаза могут использоваться конденсационное просушивание, адсорбционное просушивание (активированный уголь, силикогель), абсорбционное просушивание (гликолевая промывка).

Примером комбинированного воздействия на биомассу для получения жидкого биотоплива может быть производство биодизеля (рис.2). Биодизель представляет собой обобщенное название многокомпонентных жидких топлив, состоящих из метиловых или этиловых эфиров высших ненасыщенных и жирных кислот.

При производстве биодизеля основным видом воздействия является химическое – процесс этерификации. Исходное сырьё – масло – подают в блок этерификации, куда одновременно поступает метанол и раствор катализатора процесса этерификации (гидроксиды натрия или калия, либо – метилат натрия) [4]. Масло для производства биодизеля может быть получено из биомассы (например, рапса) путем прессования (физико-механическое воздействие), экстракции (химическое воздействие) или в результате совместного использования этих приемов.

Накопленный опыт реализации различных видов воздействия на биомассу для получения биотоплива, а как следствие и биоэнергии, активно используется в Республике Беларусь: производятся и используются различные виды твердого биотоплива, жидкие биотоплива, функционируют установки по производству биогаза, по извлечению и использованию свалочного газа. Дальнейшие исследования и практическое применение полученных результатов позволят развивать сферу использования биоэнергии в стране, что является неотъемлемой частью диверсификации производства энергии и повышения энергетической безопасности.

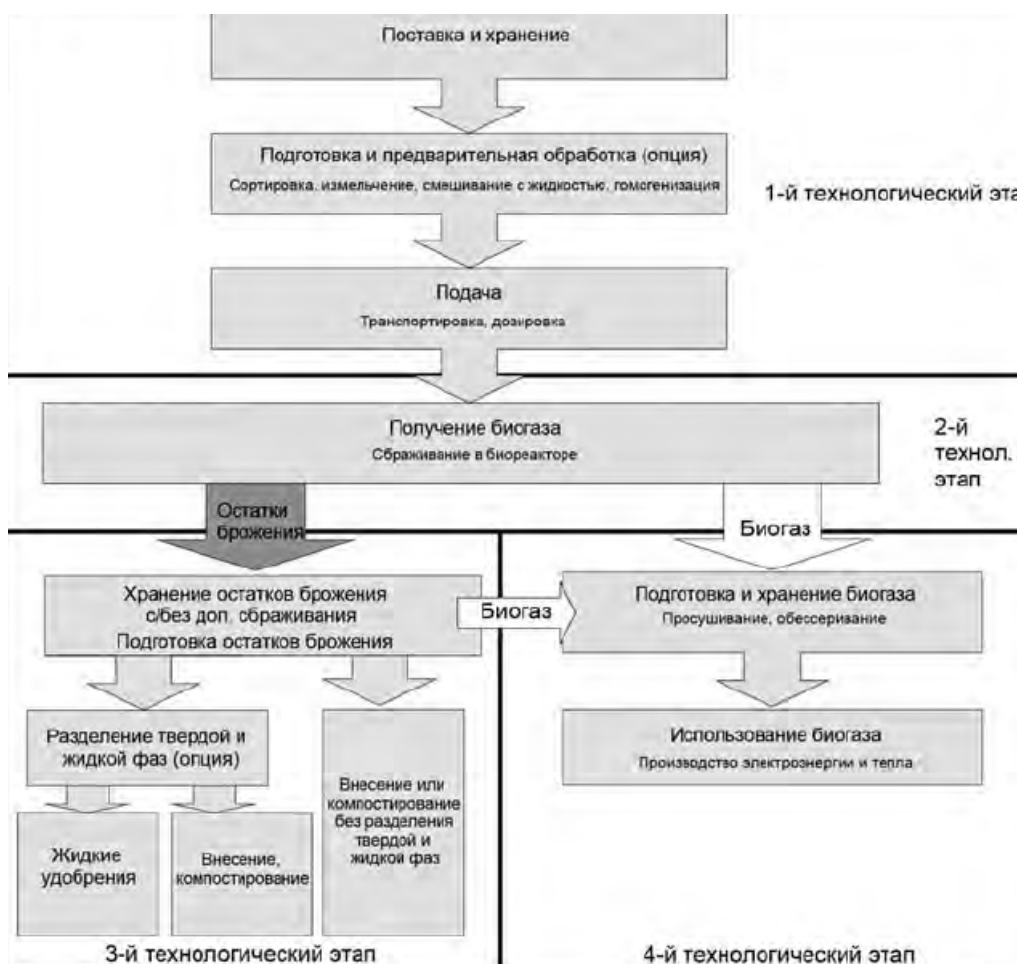


Рисунок 1 – Последовательность технологических этапов получения биогаза [5]

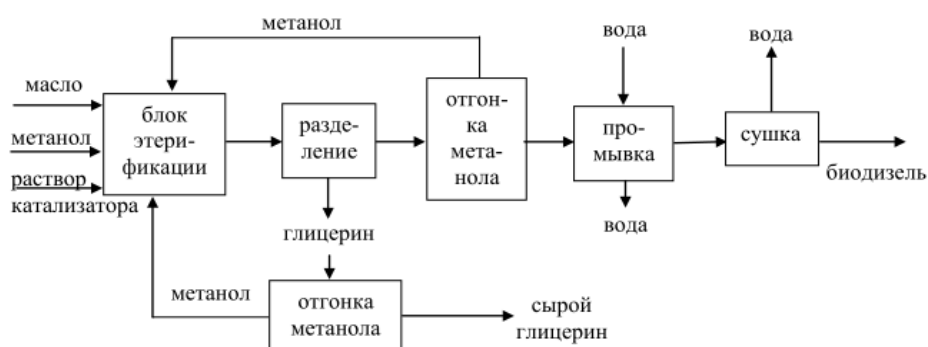


Рисунок 2 – Блок-схема циклического производства биодизеля [4]

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 дек. 2015 №1084 // Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Респ. Беларусь. – Режим доступа : https://energoeffect.gov.by/downloads/laws/resolution/2018_resolution/20152312_koncepciyu.PDF - Дата доступа : 12.02.2024.
2. Государственная программа «Энергосбережение» на 2021-2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 24 февр. 2021 №103 // Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Респ. Беларусь. – Режим доступа : https://energoeffect.gov.by/downloads/programs/program_psm103_959_2021-2025.pdf - Дата доступа : 12.02.2024.
3. Vineet Singh Sikarwar Progress in biofuel production from gasification [Электронный ресурс] / Vineet Singh Sikarwara, Ming Zhaoa, Paul S. Fennelld, Nilay Shahd, Edward J. Anthonye // Progress in Energy and Combustion Science 61 – 2017 – p. 189-428 – Режим доступа : https://www.researchgate.net/publication/316772405_Progress_in_biofuel_production_from_gasification - Дата доступа : 12.02.2024.

4. Генфальд, Е.Д. Технология биотоплив : уч. пособие для магистрантов, обуч. по направлению 240700.68 «Биотехнология», рукопись / Е. Д. Генфальд. – Архангельск : Сев. (Аркт.) фед. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2012. – 60 с.

5. Руководство по биогазу. От получения до использования / Амон Т., Хартвиг фон Бредов и др. – Германия : Агентство по возобновляемым источникам (FNR), 2010. – 215 с.

ИНЕРЦИОННЫЕ НАКОПИТЕЛИ ЭНЕРГИИ INERTIAL ENERGY STORAGEES

А. В. Ющик, В. И. Красовский
A. V. Yuschik, V. I. Krasovsky

*Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
yuschikalexeigm@gmail.com, vikras@iseu.by
International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU,
Minsk, Republic of Belarus*

Инерционные накопители энергии накапливают и сохраняют энергию посредством вращающегося маховика, а выделяют в виде механической энергии вращения. Современные инерционные накопители энергии это супермаховики, в которых используются прочные и гибкие материалы для повышения энергоэффективности, энергоёмкости и безопасности маховика. По удельной энергоёмкости эти накопители могут превосходить все имеющиеся на данный момент.

Inertial energy accumulators accumulate and store energy through a rotating flywheel, and release it in the form of mechanical rotational energy. Modern inertial energy storage devices are super flywheels that use durable and flexible materials to improve the energy efficiency, energy capacity and safety of the flywheel. In terms of specific energy intensity, these storage devices can exceed all currently available ones.

Ключевые слова: маховик, супермаховик, графен, нанотрубки, энергоэффективность.

Keywords: flywheel, superflywheel, energy storage, graphene, nanotubes, energy efficiency.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2024-2-215-219>

Маховики представляют собой вращающиеся тела и в большинстве случаев симметричны относительно оси вращения. Маховики используются в машинах с неравномерным потреблением и использованием энергии, для накопления энергии, когда потребление энергии превышает ее расход, и для отдачи, когда потребление энергии превышает ее расход. Они также используются в качестве накопителей энергии в гибридных двигателях и для рекуперации энергии при торможении. Функцию маховика обычно выполняет большой вращающийся элемент механизма. Помимо энергии, вращающийся маховик также обладает моментом импульса, что имеет отношение к наблюдению гироскопического эффекта, при котором направление оси вращения изменяется вокруг своего первоначального направления при приложении внешней силы, не совпадающей с направлением оси вращения. Одним из первых применений гироскопического эффекта стал переход от стрельбы круглыми ядрами к продолговатым снарядам в XIX веке. Продолговатый снаряд может сохранять ориентацию в пространстве за счет вращения, а продолговатая форма позволяет значительно увеличить массу и взрывную массу при равном аэродинамическом сопротивлении. Ротор гироскопа также является маховиком. Маховики используются в гироскопических устройствах контроля ориентации в пространстве. Самый известный пример маховика-велосипедное колесо. Способность маховика удерживать ось вращения в одном направлении используется для успокоения качки кораблей. В повседневной жизни маховики чаще всего используются в автомобилях. Любой поршневой двигатель оснащен маховиком, который обычно совмещает функции части сцепления и стартера. Также маховик снижает неравномерность вращения в двигателе до приемлемой, что увеличивает ресурс трансмиссии. Энергия, аккумулируемая маховиком, рассчитывается по следующей формуле:

$$E = \frac{I\omega^2}{2},$$

где I – момент инерции массы относительно оси вращения маховика, ω – угловая скорость в радианах в секунду.

Для простых форм маховика существуют следующие выражения момента инерции: