

формационно-коммуникационных технологий: сб. науч. тр. по матер заоч. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2015. – С. 66–69.

4. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.

5. Система подачи газообразного топлива в дизель: пат. 9079 Респ. Беларусь, МПК F 02M 43/00 / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин; заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № и 20120268; заявл. 05.09.2011; опубл.: 30.04.2013. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2. – С. 188.

6. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени / под ред. Ю. Ф. Дяткина; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.

УДК 662.767.2

## КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ БИОТОПЛИВА ПО ПОКОЛЕНИЯМ

Р. С. ДАРГЕЛЬ, аспирант

А. Н. МОЖАЙКО, студент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Биотопливо** (биологическое топливо) – топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов, получаемое из биомассы термохимическим или биологическим способом. Биотопливо классифицируют по агрегатному состоянию и поколениям. По агрегатному состоянию различают: жидкую биомассу (обычно применяют для двигателей внутреннего сгорания); твердое биотопливо (способно гореть при условии, что топливо состоит из горючего, например дерева, и окислителя, которым часто служит кислород воздуха); газообразное – биогаз (газ, получаемый брожением биомассы), биоводород, метан.

Биотопливо, как правило, делится на первичное и вторичное. Первичное биотопливо используется в необработанном виде в первую очередь для отопления, приготовления пищи и электричества; в основном это топливная древесина, каменный уголь. Вторичное биотопливо можно условно разделить на три поколения (на основе различных параметров, типа технологии обработки, исходного сырья и др.); производится путем переработки биомассы и используется на транспортных средствах, в различных промышленных процессах и др.

Биотопливо разделяют на два типа: первого и второго поколения.

К биотопливам первого поколения относятся биоэтанол, произведенный из сахарного тростника, кукурузы, пшеницы и других злаковых культур, и биодизель, полученный из маслянистых культур – сои, рапса, пальмы, подсолнечника. Для их выращивания требуется использование качественных пахотных земель, много сельскохозяй-

ственной техники, а также удобрений и пестицидов. При таком раскладе производство биотоплива напрямую конкурирует с пищевым сектором экономики [1].

Существуют также проекты разной степени проработанности, направленные на получение биотоплива из целлюлозы и различного типа органических отходов, но эти технологии находятся в ранней стадии разработки или коммерциализации. Различают:

- твердое биотопливо: лес энергетический (дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга), торф;

- жидкое биотопливо (для двигателей внутреннего сгорания, например, биоэтанол, биометанол, биобутанол, диметиловый эфир, биодизель);

- газообразное (биогаз, биоводород, метан).

Условная эффективность производства биотоплива из биомассы первого поколения составляет примерно 35...45 % [1].

Биотопливо второго поколения – разнообразные виды топлива, получаемые различными методами пиролиза биомассы, или прочие виды топлива, помимо метанола, этанола, биодизеля, получаемые из источников сырья «второго поколения». Быстрый пиролиз позволяет превратить биомассу в жидкость, которую легче и дешевле транспортировать, хранить и использовать. Из жидкости можно произвести автомобильное топливо или топливо для электростанций.

Источниками сырья для биотоплива второго поколения являются лигноцеллюлозные соединения, остающиеся после того, как пригодные для использования в пищевой промышленности части биологического сырья удаляются. Использование биомассы для производства биотоплива второго поколения направлено на сокращение количества использованной земли, пригодной для ведения сельского хозяйства. К растениям – источникам сырья второго поколения – относятся:

- водоросли – простые живые организмы, приспособленные к росту и размножению в загрязненной или соленой воде (содержат до двухсот раз больше масла, чем источники первого поколения, такие, как соевые бобы);

- рыжик – растение, растущее в ротации с пшеницей и другими зерновыми культурами;

- *Jatropha curcas*, или ятрофа – растущее в засушливых почвах, с содержанием масла от 27 до 40 % в зависимости от вида [3].

Из биотоплив второго поколения, продающихся на рынке, наиболее известны BioOil – производства компании Dynamotive (Канада) и SunDiesel (Канада) – и компании CHOREN Industries GmbH (Германия) [4].

По оценкам Немецкого Энергетического Агентства (Deutsche Energie-Agentur GmbH) (при ныне существующих технологиях), произ-

водство топлива пиролизом биомассы может покрыть 20 % потребностей Германии в автомобильном топливе. К 2030 году с развитием технологий пиролиз биомассы может обеспечить 35 % немецкого потребления автомобильного топлива. Себестоимость производства составляет менее € 0,80 за литр топлива.

Создана «Пиролизная сеть» (Pyrolysis Network (PyNe) – исследовательская организация, объединяющая исследователей из 15 стран Европы, США и Канады.

Весьма перспективно также использование жидких продуктов пиролиза древесины хвойных пород. Например, смесь 70 % живичного скипидара, 25 % метанола и 5 % ацетона, то есть фракций сухой перегонки смолистой древесины сосны, с успехом может применяться в качестве замены бензина марки А-80. Причем для перегонки применяются отходы дереводобычи: сучья, пень, кора. Выход топливных фракций достигает 100 килограммов с тонны отходов [2].

Биотопливо второго поколения получают из непищевого сырья (отработанные жиры и растительные масла, биомасса деревьев и растений). Условная эффективность производства биотоплива из биомассы второго поколения составляет примерно 50 %. Производство биотоплива второго поколения в настоящий момент является очень капиталоемким процессом, так как соответствующие технологии весьма дороги [2].

Биотопливо третьего поколения – топлива, полученные из водорослей. Департамент энергетики США с 1978 года по 1996 год исследовал водоросли с высоким содержанием масла по программе «AquaticSpeciesProgram». Исследователи пришли к выводу, что Калифорния, Гавайи и Нью-Мексико пригодны для промышленного производства водорослей в открытых прудах. В течение 6 лет водоросли выращивались в прудах площадью 1000 м<sup>2</sup>. Пруд в Нью-Мексико показал высокую эффективность в захвате CO<sub>2</sub>. Урожайность составила более 50 граммов водорослей с 1 м<sup>2</sup> в день. 200 тысяч гектаров прудов могут производить топливо, достаточное для годового потребления 5 % автомобилей США. 200 тысяч гектаров – это менее 0,1 % земель США, пригодных для выращивания водорослей. У технологии еще остается множество проблем. Например, водоросли любят высокую температуру (для их производства хорошо подходит пустынный климат), однако требуется дополнительная температурная регуляция, защищающая выращиваемую культуру от ночных понижений температуры («похолоданий»). В конце 1990-х годов технология не была запущена в промышленное производство в связи с относительно низкой стоимостью нефти на рынке [4].

Кроме выращивания водорослей в открытых прудах, существуют технологии выращивания водорослей в малых биореакторах, располо-

женных вблизи теплоэлектростанций (ТЭС). Сбросное тепло на ТЭС способно покрыть до 77 % потребностей в тепле, необходимого для выращивания водорослей. Данная технология выращивания культуры водорослей защищена от суточных колебаний температуры, не требует жаркого пустынного климата, то есть может быть применена практически на любой действующей ТЭС.

При сжигании ископаемое топливо производит большое количество углекислого газа, который считается парниковым газом и причиной удержания солнечного тепла на планете. Сжигание угля и нефти повышает температуру и вызывает глобальное потепление. Чтобы уменьшить воздействие парниковых газов, можно использовать биотопливо. Исследования показывают, что биотопливо снижает выбросы парниковых газов до 65 процентов. Кроме того, культуры, выращиваемые для биотоплива, частично поглощают оксид углерода, что делает систему использования биотоплива еще более устойчивой. Биодизель в сравнении с обычным дизельным топливом почти не содержит серы. При попадании в почву или воду он практически полностью разлагается уже через три недели.

Бензин и дизельное топливо получают из сырой нефти, которая не относится к возобновляемым ресурсам. Хотя современных запасов ископаемого топлива хватит еще на много лет, они в конечном счете когда-то закончатся. Биотопливо изготавливается из различного сырья, такого, как навоз, отходы сельскохозяйственных культур и растений, выращенных специально для топлива. Это возобновляемые ресурсы, которые, вероятно, не закончатся в ближайшее время. Совершенно ясно одно: нефти на земле с каждым годом становится все меньше, а биотопливо может стать новым источником дохода для компаний производителей и новым рычагом влияния для стран.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетика и тепло [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energycraft.org/biotoplivo/pokolenija-biotopliva.html>. – Дата доступа: 05.11.2019.
2. Производство биотоплива [Электронный ресурс] // Наука и новые технологии. – Режим доступа: <https://znanieavto.ru/nuzhno-znat/biotoplivo-dlya-avtomobilej.html>. – Дата доступа: 10.11.2019.
3. Зуева, О. Н. Биотопливо и бионанотехнологии / О. Н. Зуева, В. Т. Калайда, В. С. Чичиров. – Москва, 2014. – 250 с.
4. Егорова, Т. А. Основы биотехнологии: справочник / Т. А. Егорова, Т. В. Овсянко. – Москва, 2013. – 145 с.