

*А. П. Пудовкин, Я. А. Роговцова\**

## **ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОТОПЛИВА НА ПРИМЕРЕ БИОЭТАНОЛА И БИОДИЗЕЛЯ**

Увеличение концентрации населения в городах из-за урбанизации и связанный с ним рост автомобильного транспорта приводит не только к повышенному росту спроса на углеводородные виды топлива, но и к экологическим проблемам, связанным с вредными выбросами в атмосферу продуктов его сгорания (углекислого газа, оксидов азота и пр.) [1]. Поэтому, одной из тенденций развития современной топливной отрасли является ужесточение требований к топливу, которое должно быть с одной стороны эффективным, а с другой стороны иметь улучшенные экологические характеристики. Так одним из способов решения этой проблемы является производство и широкое использование биотоплива [2], в частности биоэтанола и биодизеля.

18 октября 2014 г. Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации приняла в третьем чтении поправки, позволяющие использовать на транспорте в России не только бензин, природный газ, электричество, но и альтернативные виды энергии, такие как биодизель, биоэтанол и источники кинетической энергии. Разработчики закона надеются, в частности, что принятие законопроекта будет способствовать переводу муниципального транспорта на альтернативные виды топлива, что позволит снизить стоимость проезда и улучшить экологическую обстановку в городах России.

Согласно прогнозу на 2020 – 2029 г. мировое производство биоэтанола вырастет со 122 до 143 миллиардов литров к 2028 году. Одновременно с этим мировое производство биодизеля по прогнозам достигнет 44 миллиардов литров [3]. В настоящее время лидерами по производству биотоплива являются США, Бразилия, Индонезия, Германия, Китай, Тайланд и Испания [4].

По прогнозам Международного Энергетического Агентства (МЭА) (International Energy Agency – IEA), к 2050 году производство биотоплива достигнет 760 миллионов тонн нефтяного эквивалента. Ожидается, что в ближайшие 5 лет количество производимого биотоплива вырастет на 15% и достигнет 165 миллиардов литров. Также прогнозируется, что к 2023 году на данный вид топлива будет приходиться около

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента кафедры «КИСМ» ФГБОУ ВО «ТГТУ» А. Б. Борисенко.

90% возобновляемых источников энергии, используемых транспортными средствами. До пандемии COVID-19 ожидалось, что к 2024 году мировое производство данного вида топлива вырастет до 130 миллиардов литров. Однако за 2020 год количество биотоплива сократилось на 11,6%, по отношению к рекордным значениям 2019 года, но можно ожидать возобновления роста после окончания пандемии.

Биотопливо, в отличие от бензина, дизельного топлива или природного газа, производится из возобновляемого экологически чистого растительного сырья (зерновых культур, сахарной свеклы, сои, рапса и древесных опилок). Способность биотоплива служить первичным источником энергии зависит от его энергетической рентабельности, то есть отношения полученной полезной энергии к затраченной. На основе оценки энергетического баланса производства биоэтанола из различного сырья, энергетическая рентабельность составляет для кукурузы – 1,5; сахарной свеклы – 2; пшеницы – от 2 до 4; сахарного тростника – от 2 до 8; целлюлозы – от 2 до 36.

Здесь следует отметить, что определенные виды растительного сырья могут наносить вред здоровью человека. В частности, исследователи из Ланкастерского университета (Великобритания) оценили влияние на окружающую среду массовых посадок тополя, ивы, эвкалипта – быстрорастущих деревьев, которые считаются идеальным возобновляемым сырьем для выработки биоэтанола в Европе. Оказалось, что в процессе роста эти деревья выделяют вещество изопрен, которое наносит вполне ощутимый удар по здоровью человека.

На сегодняшний день лидирующее место среди биотоплива занимает биоэтанол – полученный из растительного сырья этиловый спирт, который является эффективной высокооктановой топливной добавкой для бензина. При смешивании бензина и биоэтанола увеличивается октановое число, при этом значительно уменьшаются выбросы вредных веществ в атмосферу, снижается температура сгорания топлива, что увеличивает рабочий ресурс двигателя. Добавление биоэтанола к бензину способствует снижению цены последнего, что также довольно актуально на сегодняшний день.

С точки зрения экономики производства биоэтанола значение имеет не чистая теоретическая производительность по спирту тех или иных культур, а скорректированная с учетом урожайности на единицу посевных площадей. С этой точки зрения абсолютными мировыми лидерами в качестве сырья для биоэтанола выступают кукуруза и сахарный тростник, которые обеспечивают как высокий выход спирта при ферментации, так и высокую урожайность.

Технология производства биоэтанола начинается со сбора сырьевых растительных культур, их предварительной подготовки (резка, дробление и т. п.) и превращения содержащихся полисахаридов или дисахаридов в простые углеводы (часто этот процесс не совсем верно называют предварительной ферментацией). Далее следует собственно процесс брожения, отделение твердых отходов от получившейся спиртосодержащей жидкости, ее очистка. На заключительном этапе биоэтанол разделяется дистилляцией, ректификацией и дегидратацией. В последние годы существенным технологическим прорывом в производстве биоэтанола стал отказ от сложных и дорогостоящих каскадных установок ректификации этанола в пользу мембранных технологий, что позволило существенно снизить капитальные вложения.

При производстве биодизеля отсутствует непосредственная стадия биохимического превращения сырья. В технологии производства биодизеля различные растительные масла или масла животного происхождения подвергаются традиционной химической обработке. Тем не менее, получающаяся в таком процессе дизельная фракция теоретически может быть подвергнута традиционному паровому пиролизу с получением классических нефтехимических продуктов: этилена, пропилена, ароматических соединений и т.п.

Возможно переработка использованного отработанного фритюрного масла, большое количество которого используется при приготовлении пищи в ресторанах фаст-фуд. Например, в США рестораны собирают такое масло в специальные контейнеры, откуда несколько раз в неделю его направляют на фабрику для переработки. Масло нагревают, чтобы выпарить лишнюю воду, после чего масло фильтруют для очистки от пищевых остатков. Этот процесс повторяют несколько раз, пропуская масло через различные фильтры, в конце используют очень тонкий многослойный фильтр, который задерживает частички диаметром до 1 микрона, что примерно в 8 раз тоньше человеческого волоса. Далее масло смешивают с метанолом при температуре около 130 °С. Побочным продуктом данной реакции является глицерин, который используют в косметической промышленности. В результате обработки удаляется большая часть метанола, а в самом биодизеле остается лишь малая его часть. Далее образцы каждой партии отправляют на тест, где их проверяют на соответствие международным стандартам качества.

Биотопливо «второго поколения» производится на базе древесных отходов; биотопливо «третьего поколения» – на базе переработки водорослей. Из производимого объема более 80% приходится на биоэтанол и 18% на биодизель. Оба эти продукта выступают в качестве

альтернативного топлива на транспорте, а также важного ресурса для диверсификации источников энергии, смягчения последствий изменения климата путем сокращения выбросов парниковых газов [5].

В настоящее время полномасштабное развитие индустрии топливных биотехнологий, в частности биоэтанола и биодизеля, возможно лишь при благоприятных климатических и агротехнических условиях и при значительной господдержке как самой промышленности и научных исследований в этой области, так и соответствующих сельхозпроизводителей. Однако, такая господдержка провоцирует переход отраслевых инвестиций из сфер традиционного «пищевого» агробизнеса в субсидируемое техническое растениеводство, что может создать риски с точки зрения продуктообеспечения. Главной целью, которой стоит задаваться, поддерживая развитие химических биотехнологий в России, следует считать развитие производства технических сельскохозяйственных культур и развитие собственной научной базы в этой сфере.

### Список литературы

1. Гринин, А. Л. Анализируя глобальные проблемы XXI в. Обзор и прогноз на основе доклада Римского клуба «Come On!» / А. Л. Гринин // Век глобализации. – 2020. – Т. 36, № 4. – С. 47 – 64.
2. Modeling of Technological Processes for a Rectification Plant in Second-Generation Bioethanol Production / O. Liaposhchenko et al. // Processes. – 2021. – V. 9, No. 6. – P. 944.
3. OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028 [Electronic resource]. OECD, 2019. URL: [https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2019-2028\\_agr\\_outlook-2019-en](https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2019-2028_agr_outlook-2019-en).
4. A review on prospective production of biofuel from microalgae / R. Ganesan et al. // Biotechnol. Reports. – 2020. – V. 27. – P. e00509.
5. Кузнецова, Г. В. Производство биотоплива в развивающихся странах: проблемы и перспективы / Г. В. Кузнецова // Национальные интересы приоритеты и безопасность. 2012. – Т. 8, № 45. – С. 53 – 63.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы  
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*