

СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ БЕЛЯЕВ

кандидат технических наук, доцент кафедры тяговых машин лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

sergbel@psu.karelia.ru

ГЕННАДИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ ДАВЫДКОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры тяговых машин лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

davydkov@psu.karelia.ru

СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ ПЕРСКИЙ

кандидат технических наук, доцент кафедры тяговых машин лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

persky@psu.karelia.ru

БИОТОПЛИВА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ: ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ*

Рассмотрены основные источники получения биотоплив, анализируются их характеристики, уделяется внимание экологическим свойствам. Делается вывод, что биотоплива второго поколения имеют потенциал для замещения существенного количества нефти при использовании относительно дешевых ресурсов биомассы и способствуют уменьшению выбросов парниковых газов.

Ключевые слова: биотоплива, второе поколение биотоплив, технологии Фишера – Тропша

Проблема экологии сегодня имеет международное значение, став практически общей для всех стран мира. Антропогенное воздействие на окружающую среду от применения нефтяных (минеральных) топлив на автомобильном транспорте проявляется в основном усилением парникового эффекта и негативным влиянием на здоровье человека.

Нежелательное влияние токсичных выбросов оксида углерода, других продуктов неполного сгорания топлива и оксидов азота в основном была решена с внедрением экологических стандартов, подобных Евро 2–4 [6]. В настоящее время основной упор делается на дальнейшее сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу автомобильным транспортом. Тем более что и в ближайшей, и в долгосрочной перспективе сохраняются тенденции существенного увеличения парка автомобилей [2].

В этой связи все большее внимание уделяется поиску новых, эффективных, экологически чистых, возобновляемых источников энергии. Среди широко известных альтернативных источников энергии, имеющих потенциал для замещения существенного количества нефтяных топлив, биотоплива занимают исключительно важное положение [3], [5], [7], [9], [12].

Основными значимыми преимуществами биотоплив являются: повышение энергетической безопасности, уменьшение выбросов парниковых газов, развитие экономики, в некоторых случаях – защита экосистем и т. д. [17].

Среди основных проблем, препятствующих широкому применению биотоплив, можно выделить следующие: более высокая стоимость и большие затраты энергии при их получении по сравнению с нефтяным (минеральным) топливом; требуется изменение конструкции систем питания автомобилей; отсутствует развитая инфраструктура производства, доставки и сбыта [17]; для некоторых регионов возможна конкуренция с производством продуктов питания и влияние природных условий на урожайность многих сельскохозяйственных культур.

Альтернативные топлива для транспорта применяются в разных регионах мира не одно десятилетие, в виде биоэтанола для бензиновых двигателей [1], [5], получаемого при ферментации сахара или крахмала, и биодизеля – топлива для дизельных двигателей, получаемого при трансэтерификации (образовании сложных эфиров растительных масел или животных жиров – FAME) [19]. Часто эти топлива называют первым поколением биотоплива. В основном их получают из возобновляемого сырья растительного происхождения. Сокращение выбросов CO₂ при их применении, по сравнению с минеральным топливом, относительно скромное, поскольку конечный выход топлива с гектара земли относительно небольшой. Например, в Англии годовое потребление топлива автомобильным транспортом составляет около 40 млн тонн. Для полного замещения минерального топлива биотопливом потребуется порядка 20 млн га при наличии 6,5 млн га, пригодных для производства

биотоплив [16]. Аналогичная ситуация наблюдается для многих стран Европы и мира (табл. 1) [9], [10], [11]. Следует также отметить, что существующие технологии производства биотоплива первого поколения не в полной степени удовлетворяют экономическим критериям.

Таблица 1

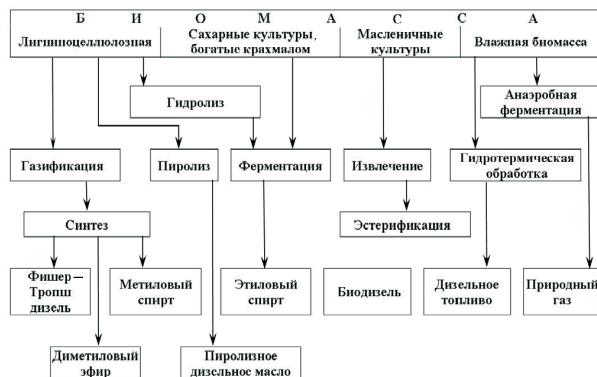
Урожайность масленичных культур и выход биодизеля

Культура	Урожай, т/га	Содержание масел, %	Выход биодизеля, л/га
Соя	2,67	18	524
Хлопок	1,05	19	216
Канола	1,54	40	665
Подсолнечник	1,52	40	657
Арахис	3,40	25	920
Рапс	1,47	40	638
Горчица	1,04	40	452
Пальмовое масло	20	49	3000

Вместе с тем этанол и биодизель получаются по относительно простым и доступным технологиям так называемого второго поколения [20].

Технологии производства биотоплива второго поколения достаточно хорошо изучены:

- получение биоэтанола из целлюлозного сырья;
- термохимические процессы и связанные с ними катализитические технологии для получения широкого спектра биотоплив, включая синтетический дизель и бензин (см. рисунок).



Технология переработки биомассы в моторное топливо

Основные преимущества биотоплива второго поколения над минеральным топливом и над биотопливом первого поколения заключаются в существенном уменьшении выбросов парниковых газов, а также в значительном уменьшении требований к площади сельхозугодий. Кроме того, биотоплива второго поколения обладают лучшими эксплуатационными свойствами для применения в ДВС, чем биотоплива первого поколения.

Принципиальная разница между биотопливом второго и первого поколения – возможность использования более широкого спектра биомасс, в том числе и относительно дешевых. Источники биомассы включают: непищевую, предназначенную для получения энергии (древа), остатки

сельскохозяйственного производства (солома), отходы лесозаготовок и деревообработки (обрубки, опилки, кора) и т. д. Биотоплива второго поколения требуют в 2–3 раза меньше земли по сравнению с первым поколением (табл. 2).

Таблица 2

Максимально возможный выход биотоплив первого и второго поколений и энергии с 1 га в странах с благоприятным климатом

Поколение биотоплив	Биотоплива	Выход, л/га	Энергия, ГДж/га
Первое	Биодизель из: подсолнечника сои рапса	1000 500–700 1200	35,7 17,8–25 42,8
	Этанол из: зерна кукурузы сахарной свеклы сахарного тростника	2500 3100 5500 5300–6500	53 65,7 116,6 112,4–137,8
Второе	Из эвкалипта: биодизель FT метанол диметиловый эфир	13500–18000 49500–66000 45000–60000	463,1–617,4 772,2–1029,6 846,0–1128,0

Биотоплива второго поколения могут отличаться от биотоплив первого поколения по химическому составу, имея более высокую энергетическую плотность и другие важнейшие характеристики для современных и перспективных тепловых двигателей. Например, синтетический дизель (табл. 3) значительно лучше по удельной теплоте сгорания, имеет более высокое цетановое число, низкотемпературные свойства, стабильность, минимальное содержание серы и т. п. Кроме того, биотоплива второго поколения хорошо смешиваются с нефтяными (минеральными).

По мнению большинства экспертов и специалистов, участвовавших в исследованиях, проведенных Европейской комиссией по энергетике, ожидается, что через 5–10 лет может наступить активный этап коммерциализации биотоплив второго поколения, поскольку они более предпочтительны не только с экологической точки зрения, но и обладают более высокими физико-химическими и эксплуатационными свойствами. В частности, целлюлозный этанол может сократить выбросы CO_2 почти на 75 % по сравнению с бензином, а топливный этанол из зерна или сахарной свеклы – только на 60 %. Что касается синтетического дизельного топлива (BTL – превращение биомассы в жидкое топливо), то оно уменьшает эмиссию парниковых газов почти на 90 % по сравнению с биодизелем (топливом из растительных масел).

Преимущества технологий производства биотоплив второго поколения очевидны, однако остается ряд вопросов, связанных в основном с уменьшением затрат на их получение [13], [14], [16].

Таблица 3

Сравнение основных свойств топлив для дизелей

Показатель	Биомасса в жидкость (BTL) от NESTE OIL	Газ в жидкость (GTL)	Биодизель FAME (из рапса)	Летнее ДТ
Плотность, кг/м ³ , 15 °C	775–785	77–785	885	835
Вязкость, мм ² /с, 40 °C	2,9–3,5	3,2–4,5	4,5	3,5
Цетановое число	80–99	73–81	51	53
Удельная теплота сгорания, МДж/кг	44,0	43,0	37,5	42,7
Содержание ароматических веществ, %	0	0	0	30
Содержание кислорода, %	0	0	11	0
Содержание серы, мг/кг	<10	<10	<10	<10
Температура помутнения, °C	-5...-25	0...-25	-5	-5

Термохимические технологии имеют преимущества, поскольку позволяют производить углеводороды, в том числе для получения синтетических бензинов и дизельных топлив, которые абсолютно совместимы с существующими минеральными, что важно для развития инфраструктуры производства и сбыта, с учетом применения на транспорте смесевых топлив (биоминеральных смесей).

Термохимические технологии для производства биотоплива второго поколения могут включать:

1. Газификацию биомассы для генерации синтетического газа [4], [19];
2. Пиролиз, на практике мгновенный пиролиз, для производства пиролизного масла (биомасла);
3. Гидротермическую обработку влажной биомассы (HTU);
4. Синтез Фишера – Тропша (FT) углеводородов из синтетического газа с соответствующими процессами его перегонки и обработки;
5. Синтез метанола с последующим синтезом бензина и/или дизельного топлива при помощи технологии метанол в олефин, бензин или дизель (MOGD) или метанол в бензин (MTG).

В ряде европейских стран (Финляндия, Нидерланды, Германия) в течение последнего десятилетия проводятся активные исследования, реализуются пилотные проекты и разработки, анализируются основные препятствия и пути их преодоления, прогнозируются приблизительные временные рамки коммерциализации (освоения) технологий биотоплива второго поколения, в частности термических и катализитических технологий. Так, компания Choren Industries построила пробную установку SunDiesel мощностью 13 тысяч тонн в год и планирует создание установок мощностью 200 тысяч тонн в год [16]. Они еще не обладают достаточной производительностью, чтобы серьезно повлиять на рынок моторных топлив, но их опыт работы позволяет получить ценную научно-техническую информацию для более широкого распространения биотоплив.

Следует также отметить, что устойчивое, надежное и эффективное обеспечение сырьем для установок промышленного масштаба может быть серьезной проблемой и потребует ряда организационных мер [8], [16] для оптимизации финансовой, углеродной и энергетической составляющей затрат. Например, для Англии основными затратами, определяющими стоимость биотоплива второго поколения, являются затраты на сбор, обработку и транспортировку сырья [16], [18]. Другой достаточно значимой частью затрат являются затраты на сам производственный процесс газификации и стоимость установки FT. К снижению затрат, возможно, приведет увеличение объемов производства на установках с высокой производительностью, что, в свою очередь, тесно связано с устойчивым обеспечением сырьем в очень больших объемах.

По нашему мнению, скорее всего именно эти факторы могут привести к вынужденным ограничениям в расширении рынка биотоплив второго поколения. Очевидно, что уже на первом этапе потребуются крупные капитальные вложения, что не только скажется на цене конечного продукта, но и представляет инвестиционный риск.

ВЫВОДЫ

Одной из приоритетных задач, связанной с широким применением биотоплив, является уменьшение выбросов CO₂. Но кроме решения этой задачи в качестве важных факторов продвижения биотоплив на рынок должны быть рассмотрены и другие их преимущества, такие как локальная энергетическая безопасность, высокие экологические характеристики, возобновляемость и диверсификация энергоносителей. Безусловно, что сегодня важное значение имеют формирование общественного мнения, экспертиза, методология, финансовые и регулирующие механизмы, создание инфраструктуры альтернативных энергоносителей. Кроме того, необходимо понимать, что выбор стратегий и технологий производства и потребления биотоплив второго и последующих поколений потребует оптималь-

ного использования ресурсов: финансовых, земельных, биомассы, исследовательских, социальных в региональном, национальном и/или глобальном масштабе.

В европейских национальных стратегиях снижения выбросов парниковых газов, в частности CO₂, значительное место занимают меры, стимулирующие использование биотоплив. Новое поколение биотоплив предполагает значительное сокращение выбросов парниковых газов по более низкой цене, хотя оставляет много неопределенностей. Очевидно, не обойтись без поддержки исследований и развития рынка

биотоплив на государственном уровне. В связи с крайней нестабильностью на рынке углеводородов, скачками цен на нефть страны Европы, США с целью повышения энергетической безопасности предпринимают комплекс мер для реализации поставленных целей и активизации научно-исследовательских работ.

Становится вполне очевидным, что стимулы для разработки биотоплив всех поколений следует увязывать также с показателями эффективности всех энергозатрат и снижения выбросов CO₂ за весь период жизненного цикла (well-to-wheel) «от скважины до колеса».

* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития (ПСР) ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев С. В., Давыдков Г. А. Прогресс и перспективы применения топливного этанола на транспорте // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2009. № 9 (103). С. 76–80.
2. Беляев С. В., Давыдков Г. А. К вопросу применения альтернативных топлив в условиях крупных городов. М.: ВИНТИ, 2010.
3. Беляев С. В., Давыдков Г. А. Проблемы и перспективы применения газомоторных топлив на транспорте // Труды ЛИФ. Вып. 8. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. С. 13–16.
4. Беляев С. В., Давыдков Г. А. К вопросу газификации биомассы // Леса России в 21 веке: Материалы шестой междунар. науч.-техн. Интернет-конференции. Санкт-Петербург, 2011. СПб.: СПбГЛУ, 2011.
5. Беляев С. В., Давыдков Г. А. Этанол как моторное топливо // Автомобильная промышленность. 2011. № 4.
6. Беляев С. В., Давыдков Г. А., Кильпелайнен С. А. Прогресс и перспективы развития экологических стандартов для автомобильных двигателей. М.: ВИНТИ, 2010.
7. О проблемах производства биотоплива в мире // БИКИ № 8118872, 21.07.2005. С. 12–14.
8. Соколов А. П., Герасимов Ю. Ю. Алгоритм синтеза оптимального транспортного плана в системе поддержки принятия решений для лесопромыслового комплекса и биоэнергетики // Труды ЛИФ. Вып. 8. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. С. 144–149.
9. Alternative fuel systems [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://altfuel.com>
10. Bioethanol and the Ethanol Industry today. US. DOE. Biomass Program [Electronic resource]. Access mode: <http://www.DOE.BiomassPublications.htm>
11. Biofuels for Sustainable Transportation [Electronic resource]. Access mode: <http://www.IEA.org>
12. Biofuels for transport [Electronic resource]. Access mode: <http://www.IEA.org/books>
13. Biofuels in the European Union a vision for 2030 and beyond. Final draft report of the Biofuels Research Advisory Council. 2006. 31 p.
14. Biofuels, the Next Generation. EU news [Electronic resource]. Access mode: <http://euractiv.com/en/energy/biofuels>
15. Brusstar M. Sustainable Technology Chooses for Alternative Fuels. USAF / International symposium on Alcohol Fuels. September, 2005.
16. DTI. Global Watch Mission Report. Second generation transport biofuels – a mission to the Netherlands, Germany and Finland. March, 2006.
17. Evans G. International Biofuels Project. Liquid Transport Biofuels Technology Status. Report. NNFCC 08-017. National Non-Food Crops Centre, 2008.
18. Forest land sustainability and second generation biofuels. Informal meeting of Environmental ministers. Ljubljana, 2008.
19. Paisley M.A., Overend R.P., Welch M., Igoe B.M. FERCO's Silva gas biomass gasification process commercialization opportunities for power, fuels and chemicals // Proc. of Second World Biomass Conference, 10–14 May 2004, Rome, Italy.
20. The Biodiesel Handbook. Champaign. Illinois: AOCS Press, 2005. 302 p.