

## **«ЗЕЛЁНОЕ БИОТОПЛИВО» – МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ В РФ**

*Доллокаян Ксения Альбертовна – студент Института агробιοтехнологий, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева»*

*Научный руководитель – Шитикова А.В., д.с.-х.н, заведующий кафедры растениеводства и луговых экосистем, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К. А. Тимирязева»*

***Аннотация:** альтернативой традиционным энергоресурсам являются виды биотоплива, для изготовления которых используется растительное либо животное сырье, отходы промышленности и результаты жизнедеятельности организмов.*

***Ключевые слова:** биодизель, биотопливо растительного происхождения, бионефть, биобензин, BTL (Biofuel-to-Liquid).*

### **Жидкое биотопливо из сырья растительного происхождения.**

**Биодизель.** Биодизель - это многокомпонентное жидкое топливо, состоящее из метиловых или этиловых эфиров высших ненасыщенных и жирных кислот, получаемых в результате химической реакции, в основном путем этерификации растительных масел (рапсового, соевого, пальмового, подсолнечного, льняного и др.), а также путем переэтерификации жиров (животных и кормовых). В последнее время отрабатываются новые технологии производства биодизеля, такие как обработка растительного сырья генно-модифицированными микроорганизмами, использование «отработанных» растительных масел, которые собирают в ресторанах и кафе, производство из сырья микробного происхождения и некоторые другие. К примеру, в связи с тем, что ресурсы растительных масел, получаемых из сельскохозяйственных культур, ограничены, сегодня во всем мире проводятся широкие исследования в сфере использования разных - и имеющихся в природе, и вновь культивированных специальных видов водорослей как перспективного сырья для производства биодизеля. Лидером в изготовлении и использовании биодизеля в Европе является ФРГ - около 3 млн т (в основном из рапса) при технической возможности производства всех заводов 5 млн т в год. Второе место занимает Франция: около 2 млн т в год. Всего в Европе, по аналитическим данным ЕС, в эксплуатации находятся 256 заводов по производству биодизельного топлива. В США биодизель получают в основном из соевого масла (оно составляет 30% всего сырья, используемого в мире для производства биодизеля, а рапсовое и пальмовое с незначительным количеством других масел делят остальные 70%). Биодизель в США используется на автотранспорте и как печное топливо. Доля

жидкого биотоплива на рынке США составляет более 5%. В связи с тем, что технологии получения перечисленных выше масел высокочрезвычайно, ведутся поиски более дешевых растений. Так, уже успешно начали использовать ятрофу (семейство молочайных), рыжик (семейство капустных).

В последние несколько лет производители биодизеля все больше внимания обращают на клещевину (лат. *Ricinus*), растение семейства молочайных. Это масличное лекарственное и декоративное садовое растение. Из клещевины методом холодного прессования получают касторовое масло, среди растительных масел характеризующееся одним из самых высоких цетановых чисел.

Выход биодизеля из различных масличных культур составляет (л/га): из рапса - 1100, из подсолнечника - 690, из сои - 400. В Германии, например, для производства биодизеля используется в основном рапсовое масло. Рапс - неприхотливая культура, и его можно выращивать на выведенных из оборота землях. Он повышает биологическую активность и структуру почвы, очищает ее от азота. Биодизель в ФРГ дешевле обыкновенного дизельного топлива, несмотря на то, что существует налог на биодизельное топливо. Возделывание рапса субсидируется федеральным бюджетом. Любое растительное масло - это смесь триглицеридов (эфиров), соединенных с молекулой глицерина с трехатомным спиртом ( $C_3H_8O_3$ ). Именно глицерин придает вязкость и плотность растительному маслу. Для получения биодизеля необходимо удалить глицерин, заместив его спиртом. Этот процесс называется этерификацией.

Процесс этерификации длится от 20 мин. до нескольких часов при рабочей температуре  $65^{\circ}C$ . Применяются еще технологии этерификации без катализатора и при суперкритических режимах. У биодизеля (метилового эфира) теплотворная способность в среднем 37,6 МДж/кг и высокое цетановое число (51-58) в сравнении с нефтяным дизтопливом, у которого оно составляет 50-52. А чем выше цетановое число, тем лучше топливо. Биодизель можно использовать как в чистом виде, так и в качестве добавки к дизельному топливу. Биодизель биологически безвреден. При попадании в воду он не причиняет вреда водной флоре и фауне. В воде или почве подвергается почти полному биологическому распаду (до 99% в течение месяца), поэтому при использовании биодизеля на речных и морских судах можно существенно минимизировать загрязнение водных ресурсов планеты. При сгорании биодизеля в атмосферу выбрасывается значительно меньше  $CO_2$ , чем при сгорании обычных видов топлива. Кроме того, преимущества биодизеля перед ними очевидны ввиду низких характеристик продуктов сгорания: монооксида углерода, остаточных частиц, сажи и, что особенно важно, полициклических ароматических углеводородов (известных как канцерогенные вещества). Биодизель в сравнении с минеральным дизтопливом почти не содержит серы. Поэтому в некоторых государствах на биодизельное топливо переводят муниципальный транспорт, проводятся испытания по использованию биодизеля в качестве авиационного топлива.

У биодизеля хорошие смазочные характеристики. Известно, что дизтопливо при устранении из него сернистых соединений теряет смазочные способности. А вот биодизель, несмотря на малое содержание серы, характеризуется хорошими смазочными свойствами, что обуславливается его химическим составом и содержанием в нем кислорода. За счет этого свойства увеличивается срок службы двигателя: во время работы двигателя одновременно происходит смазка его подвижных частей и топливного насоса. У биодизеля высокая температура вспышки (выше 100°C), что позволяет называть его более безопасным в сравнении с обычным дизтопливом.

Есть, конечно, у биодизеля и ряд недостатков. Прежде всего это низкая морозостойчивость, поэтому в холодное время его необходимо прогревать или разбавлять обычным дизтопливом. В неразведенном виде биодизель может повредить резиновые шланги и прокладки, поэтому часто требуется их замена изделиями из более стойких материалов. Биодизель не подлежит длительному хранению.

**Бионефть.** Бионефть - это смесь жидких углеводородов и других органических веществ, получаемых из сырья растительного или биологического происхождения. Бионефть - условное название, так как содержание углеводородов в ней всего 5-10%, а остальное - спирты, лигнины, альдегиды и пр. Существуют следующие термические или термохимические способы производства бионефти из растительной биомассы: пиролиз, газификация, парокрекинг, гидрокрекинг. В результате пиролиза (процесса разложения сырья при нагревании до 450-550°C при отсутствии кислорода) сырье превращается в уголь, а также жидкие и газообразные продукты. При этом жидкие продукты пиролиза могут быть использованы в качестве топлива, которое в последние годы получило название «бионефть», «биомазут» или «пиролизная жидкость». Для увеличения выхода бионефти применяется так называемый быстрый пиролиз: процесс пиролиза длится несколько секунд при очень высокой температуре - до 1000°C.. В Финляндии в этом году финским энергетическим концерном Fortum впервые в мире будет построен завод по производству бионефти из древесной щепы методом пиролиза; производительность предприятия составит 50 тыс. т в год. Для производства бионефти потребуется ежегодно 600 тыс. м<sup>3</sup> древесины. Бионефть и биоэтанол можно также получать из отходов сахарного производства - меласной барды. **Биобензин.** Биобензин (синтетический бензин) производили в промышленном масштабе еще в 30-40-е годы XX века в Германии из синтез-газа (метод Фишера - Тропша) при газификации ископаемых углей. В этом процессе можно также вместо угля использовать твердую биомассу, в том числе древесину. Но в настоящее время такой биобензин не производится, несмотря на то, что у биобензина есть важные экологические преимущества перед обычным бензином, такие как отсутствие соединений серы и азота, а также тяжелых металлов, кроме того, при сжигании биобензина не образуются канцерогенные соединения; главная причина - высокая себестоимость производства.

**Растительные масла.** Растительные масла используются в качестве моторного топлива довольно давно; накоплен значительный опыт по использованию подсолнечного, арахисового, соевого, кукурузного, рапсового и других масел. Наиболее широкое применение получило рапсовое масло, поскольку рапс является самой высокопродуктивной из масличных культур (на втором месте по продуктивности подсолнечник, на третьем - соя). Новым перспективным источником сырья для получения топливных масел могут стать водоросли, в которых содержание масла, близкого по составу к известным растительным, доходит до 40% общей массы при значительно большей, чем у последних, продуктивности. Например, при переработке рапса в масло за год с 1 акра пашни можно получить 265 л масла, а при культивировании водорослей с 1 акра водной поверхности - 20 тыс. л масла в год. Германия является лидером не только в использовании биодизеля, но и в применении растительных масел в качестве моторного топлива (в основном рапсового масла). В США в качестве биотоплива из всех растительных масел используют преимущественно соевое. Выход масел при использовании технологии прессования составляет 28-29%, а при экстракции - 40-42% по отношению к исходному сырью (при содержании масел в нем 45-50%). Растительные масла как топливо характеризуются более высокой энергетической плотностью в сравнении со спиртами, но эксплуатационные качества у них хуже, чем у спиртов, в частности: высокая вязкость и большая склонность к образованию нагара. Поэтому предпочтительно использование растительных масел в смеси с дизельным топливом. Смесь рапсового масла с дизельным топливом называют биодизельной смесью, или биодитом.

**BTL (Biomass-to-Liquid).** BTL (Biofuel-to-Liquid) - один из видов жидкого биотоплива, инновационная технология производства которого была разработана совсем недавно, в 2000-е годы с участием таких компаний с мировым именем, как Shell, Daimler, Volkswagen, и инновационной компании Choren GmbH. Сырьевая база производства - более 70 тыс. т отходов деревообрабатывающей промышленности, лесопиления и ландшафтных работ. На сегодня технология BTL считается наиболее перспективной для получения жидкого биотоплива. Для производства BTL подходит любой вид твердой биомассы: древесная щепа, опил, солома, отходы АПК, а также мискантус и другие быстрорастущие плантационные растения, бытовые отходы и многое другое. Поэтому производство BTL не нуждается в сырье в виде сельхозпродукции пищевого назначения (зерновые, масличные культуры), в отличие от производства биоэтанола и биодизеля, и таким образом не составляет конкуренцию по сырью пищевой промышленности. Для получения 1 кг BTL необходимо от 5 до 10 кг древесного сырья. Производство BTL включает в себя комбинацию нескольких давно известных процессов: пиролиза, газификации в потоке при высокой температуре и процессов Фишера - Тропша, или MtG (Methanol-to-Gasoline). BTL не содержит ароматических углеводородов и серы, у него высокое октановое число, при его использовании до 90% сокращаются выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу в сравнении с углеводородными видами топлива.

В последние годы во всем мире использование посевных продовольственных культур для производства жидких видов биотоплива считают нерациональным, так как такой вид их использования ведет к повышению цены на продовольствие. Поэтому и начали производить жидкое биотопливо так называемого второго поколения: из посевных трав и разных растений, не используемых в пищевой промышленности и возделываемых на не пригодных для основных посевных культур землях, из водорослей, из бытовых отходов, из быстрорастущих плантационных растений, из отходов деревообработки и лесопиления, из соломы. Что касается древесного сырья, то, как уже отмечено выше, в мире существует немало разных технологий получения жидких видов биотоплива из целлюлозосодержащих материалов. Вот только стоимость производства, например, биоэтанола из такого сырья вдвое выше стоимости его производства из зерна... К тому же в ближайшее время вряд ли создадут технологии, которые позволят удешевить процесс. Поэтому будет ли жидкое биотопливо из целлюлозосодержащего сырья конкурентоспособно на рынке, пока сказать трудно.

В России наибольшей эффективности производства и использования любых видов жидкого биотоплива, полученных из твердой биомассы, можно достигнуть в аграрном секторе. В АПК России ежегодно сжигается свыше 5 млн т дизельного топлива. Только на предприятиях АПК сокращение использования нефтяного дизельного топлива за счет биодизеля на 30% даст ежегодный экономический эффект более 10 млрд руб.

#### **Перспективы индустрии биотоплива в России.**

На конец 2007 года в России отсутствует федеральная программа развития биотоплива, не существует заводов по производству биодизеля, не существует станций, заправляющих автотранспорт биотопливом

Главная причина игнорирования Россией биотоплива заключается в монополизированности топливной индустрии и отсутствии конкуренции. На рынке нет крупных экономических агентов, готовых своими активными действиями «расшевелить» ситуацию, обострить отношения на рынке. Проводя мониторинг региональных инициатив в развитии производства биотоплива, можно отметить, что 2008 год является точкой отсчета в формировании этой отрасли в России. Например, можно отметить такие проекты, как строительство завода по производству биоэтанола в Адыгее (начало в марте 2008 г.) и строительство завода по производству биодизеля в Волгоградской области (российско-германский проект, начало в сентябре 2008 г.). Однако продукция этих предприятий не предназначена для внутреннего потребления и будет идти на экспорт.

На мой взгляд, для мировой экономики развитие биотоплива – это не шаг вперед, а шаг в сторону, временное решение проблемы дороговизны бензина. Мир нуждается не столько в альтернативном и дешевом топливе, сколько в принципиально новых технологиях перемещения в пространстве, более совершенных, чем двигатель внутреннего сгорания.

### Библиографический список

1. Аналитический отчет. Основные тенденции развития рынка биотоплива в мире и России за период 2000 - 2012 годов. ОАО "Корпорация развития". 2013. - 43 с.
2. Варфоломеев С.Д., Моисеев И.И., Мясоедов Б.Ф. Энергоносители из возобновляемого получения сырья. Химические аспекты // Вестник РАН. 2009. Т.79. № 7.595 - 604 с.
3. Биотопливо. [Электронный ресурс] / Режим доступа : [https:// ru.wikipedia.org/wiki/Биотопливо](https://ru.wikipedia.org/wiki/Биотопливо) (дата обращения 19.10.2020).
4. Y. Chisti. Biodiesel from microalgae // Biotechnology Advances. 2007. V.25.294-306 P
5. Шитикова, А. В. Полеводство : Учебник / А. В. Шитикова. – Санкт-Петербург : Издательство "Лань", 2019. – 204 с.
6. Основы агрономии : Учебник для использования в образовательном процессе образовательных организаций, реализующих программы среднего профессионального образования по специальностям "Эксплуатация и ремонт сельскохозяйственной техники и оборудования", "Агрономия", "Механизация сельского хозяйства" / И. Г. Платонов, А. В. Шитикова, Н. Н. Лазарев, Ю. М. Стройков. – Москва : Издательский центр "Академия", 2018. – 270 с. – ISBN 978-5-4468-5905-4.
7. Агробиотехнология-2021: Сборник статей Международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – 1320 с. – ISBN 978-5-9675-1855-3.