

К. Р. Сафин

K. R. Safin

safinkirill2003@mail.ru

Г. В. Харина

G. V. Kharina

gvkharina32@yandex.ru

ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург
Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg

ПРОБЛЕМА ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА В РОССИИ

Аннотация. Работа посвящена анализу проблемы производства биотоплива. Рассмотрены виды биотоплива, описаны особенности технологий его производства. Дана характеристика двух поколений биотоплива. Особое внимание уделено производству топливных гранул. Приведены сравнительные характеристики топливных брикетов с другими видами топлива. Обоснована экологичность биотоплива. Приведены данные о развитии производства топливных брикетов в России. Выявлены низкие объемы производства пеллет в УФО, указаны возможные причины этого явления.

Ключевые слова: биотопливо, отходы, технология, энергия, топливные гранулы.

THE PROBLEM OF BIOFUEL PRODUCTION IN RUSSIA

Abstract. The work is devoted to the analysis of the problem of biofuel production. The types of biofuels are considered, the features of its production technologies are described. Two generations of biofuels are characterized. Special attention is paid to the production of fuel pellets. Comparative characteristics of fuel briquettes with other types of fuel are given. The environmental friendliness of biofuels is justified. The data on the development of the production of fuel briquettes in Russia are presented. Low volumes of pellet production in UFA have been identified, and possible causes of this phenomenon have been indicated.

Keywords: biofuels, waste, technology, energy, fuel pellets

Введение. Производство и введение биотоплива в современную энергетическую сферу становится все более актуальным в контексте поиска альтернативных способов выработки энергии, которые загрязняют окружающую среду в меньших объемах по сравнению с традиционным топливом. Именно поэтому производство биотоплива играет большую роль в настоящем и будущем, сочетая в себе новые технологии, различные отрасли биологии и химии. Еще несколько десятилетий назад считалось, что горючее из растительных остатков и органических отходов не может конкурировать с природным газом, однако в условиях нарастающих экологических проблем биотопливо становится все более привлекательным энергоносителем. Среди главных преимуществ использования биотоплива следует выделить факт снижения выбросов парниковых газов в атмосферу. Кроме того, производство биотоплива может создать дополнительные рабочие места и способствовать развитию экономики, а также существенно снизить зависимость энергетики от импорта нефти и газа, и, следовательно, повысить энергетическую безопасность [1].

На сегодняшний день развитие биоэнергетики происходит в трех направлениях: непосредственное сжигание биомассы; брожение биомассы, в процессе которого выделяется

теплота; использование в качестве энергоносителей биогаза и биоспиртов, извлекаемых в процессе образования биомассы. Последнее направление является наиболее перспективным и актуальным.

Функционирование животноводческих комплексов и птицефабрик сопровождается образованием огромных количеств навоза и растительных остатков, при анаэробном сбраживании которых ускоряется процесс образования метана (компонента биогаза). Например, из 1 т сухого навоза получают 450–660 м³ биогаза, который по своей теплотворной способности соответствует 320–430 кг условного топлива [2]. А в России ежегодно остаются неиспользованными миллионы тонн соломы. При этом сбраживание каждой тонны соломы дает около 350–500 м³ биогаза (1 м³ биогаза по теплотворной способности эквивалентен 1 л жидкого углеводородного топлива).

В данный момент различают два поколения биотоплива. Биотопливо первого поколения (биоэтанол, биодизельное топливо) производится из сахарного тростника, кукурузы, сахарной свеклы, рапса и др. Биотопливо второго поколения (биоэтанол, биобутанол) производится из непищевого сырья – леса, древесных отходов, растительной массы [3]. По мнению [3], в России производство биотоплива может быть налажено из отработанного фритюрного подсолнечного масла, используемого в пищевой промышленности. В [4] отмечается, что сырьем для производства в России могут быть рапс, хлопчатник, лен, горчица, арахис, кунжут и даже пальмовое и кокосовое масла.

Авторы [5] подчеркивают актуальность сырья из микроводорослей для производства биотоплива. Микроводоросли, с точки зрения авторов, обладают рядом преимуществ перед другими видами сырья: не нуждаются в пахотных землях (в отличие от рапса или подсолнечника); могут использоваться для очистки сточных вод; являются более эффективными преобразователями солнечной энергии.

О важности использования в производстве биотоплива такого сырья как подсолнечное масло (которому свойственны все характеристики дизельного топлива) сообщается в работе [6].

На основании вышеизложенного **цель** данной работы заключалась в анализе существующих технологий производства биотоплива и их реализации в России.

Основная часть.

В настоящее время самое популярное биотопливо – биоэтанол, представляющий собой обычный этанол и получаемый из различных сельскохозяйственных культур: картофеля, сахарного тростника, кукурузы, сахарной свеклы [7]. Получение биотоплива

сводится к процессу спиртового брожения с последующей ректификацией продукта. Кроме того, биотопливо можно получить и гидролизным методом [9]. Суть процесса заключается в следующем: зерно очищается и замачивается, после чего происходит его дробление для сепарации зародыша и отделения клетчатки. Оставшийся раствор направляется сепарироваться еще раз, в результате чего выделяется глютен и крахмал. Полученный крахмал преобразуется в сухой крахмал, этанол, концентрированную фруктозу (рис. 1). Мировыми лидерами по производству биоэтанола, по данным на 2010 год, являются США и Бразилия; хотя в лидерах по экспорту находятся Бразилия и Китай [9].

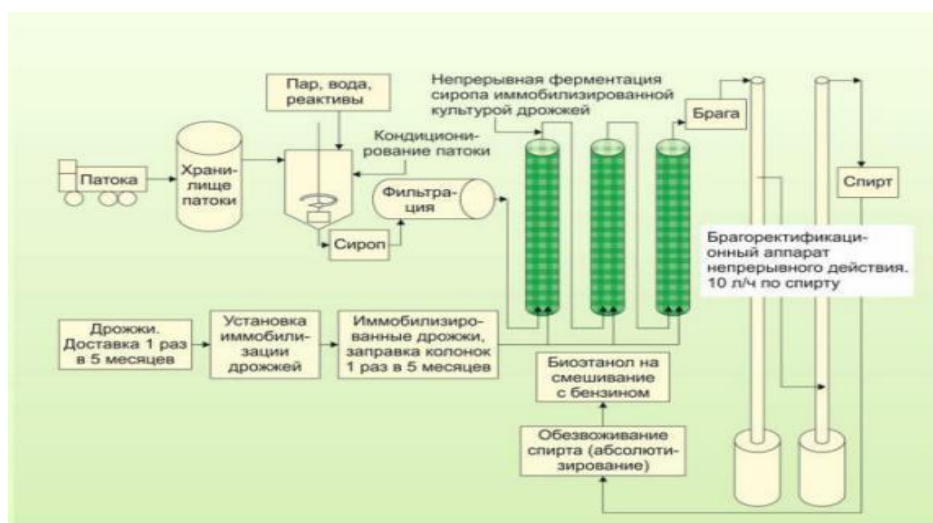


Рисунок 1. Схема производства биоэтанола.

Таблица 1. Объем производства биоэтанола из различных сельскохозяйственных культур

Сырье	Объем производства биоэтанола с площади 1 га, м ³
Сахарная свекла	2.5-3.0
Сахарный тростник	3.5-5.0
Кукуруза	2.5
Пшеница	0.5-2.0
Картофель	1.2-2.7
Сахарное сорго	3.0-5.0

В табл. 1 представлены объемы биоэтанола, произведенного из различной растительной продукции. Как следует из табл. 1, лидирующие позиции по производству указанного биотоплива занимают такие сельхозпродукты, как сахарное сорго, сахарный тростник и сахарная свекла.

Энергоэффективность биозавода топливного этанола довольно высока. На всех стадиях производства энергия восстанавливается и используется в дальнейших процессах. Вещественно-энергетические параметры производства следующие (кукуруза, сухой помол):

электричество – 0,30 кВт-час на литр этанола; энергия–10,0 МДж на литр; вода – 3 литра на один литр этанола [8].

Известен способ создания твердого биотоплива в виде топливных гранул из непищевых растительных продуктов: измельченных отходов древесины, соломы, лузги [10]. Технология производства предусматривает измельчение в дробилке указанного сырья до состояния муки, которая затем направляется в сушилку, поступление полученной муки в пресс-гранулятор для получения из нее гранул диаметром 4–12мм, длиной 20–50мм. В Европе больше половины котлов на древесных гранулах имеют среднюю мощность от 100 кВт до 1 МВт. Обычно такие печи устанавливаются в больших частных домах, школах, на небольших предприятиях [10].

Аналогом топливных гранул являются топливные брикеты, получаемые как из пищевого, так и непищевого растительного сырья: (шелухи подсолнечника, гречихи) и мелких опилок. Основу технологии производства составляет процесс прессования шнеком агро-отходов под высоким давлением. При этом, чем плотнее брикет, тем выше показатели его качества. Например, при плотности брикета 650-750 кг/м³ калорийность брикетов равна 12–14 МДж/кг [10]. В таблице 2 приведены сравнительные характеристики топливных брикетов с другими видами топлива по среднему весу топлива и стоимости получения энергии в 17тыс. кДж. Из табл. 2 следует, что для получения 17000 кДж энергии необходимо 1000 кг топливных брикетов, что в 1,6 раза меньше по сравнению с обычной древесиной, при этом стоимость получения энергии одинакова. В то же время стоимость получения указанного количества энергии из каменного угля превышает таковую из топливных брикетов в 1,27 раза при одинаковой массе топлива.

Таблица 2. Сравнительные характеристики топливных брикетов с другими видами топлива

Вид топлива	Средний вес топлива для производства 17000 МДж энергии	Сравнительная стоимость получения энергии для потребителя в среднем по России, руб.
Топливные брикеты	1000 кг	2200
Древесина	1600 кг	2200
Газ	478 м ³	3500
Дизельное топливо	500 л	8000
Мазут	685 л	5500
Уголь каменный	1000 кг	2800

В случае газообразного биотоплива – биогаза – используется процесс ферментации богатых целлюлозой отходов агропромышленного комплекса благодаря деятельности специальных бактерий. Различные технологии предусматривают разные параметры процесса

брожения (температура, влажность, время, количество бактериальной массы) [11]. Конечным продуктом такой ферментации является метан.

Для ускорения процесса деструкции органической массы (навоза) используют системы переработки, основанные, как на аэробном, так и анаэробном процессах разложения. Конструкции биогазовых установок различаются способом загрузки сырья, накопления биогаза и конструктивным элементом. Такие установки очень удобны для энергоснабжения в сельской местности [12]. В табл. 3 приведен количественный состав газообразных соединений, содержащихся в биогазе.

Таблица 3. Химический состав биогаза

Газ	Химическая формула	Объемная доля
Метан	CH ₄	40-70%
Углекислый газ	CO ₂	30-60%
Водород	H ₂	1-5%
Сероводород	H ₂ S	0-1%
Другие газы		0-3%

Тепловая способность одного кубометра биогаза в зависимости от содержания метана 20–25 МДж/ м³, что соответствует 0,6-0,8 литра бензина, 1,3–1,7кг дров или 5–7 кВт электроэнергии. Всего в мире в настоящее время используется около 60 разновидностей биогазовых технологий, где лидерами на рынке являются Китай и Индия [13].

Как было отмечено выше, главным преимуществом биотоплива является его экологичность. В табл. 4 приведены сравнительные характеристики (теплота сгорания и содержание вредных веществ в продуктах сгорания) для разных видов топлива [14]. Данные, приведенные в табл. 4, свидетельствуют о низком содержании углекислого газа в продуктах сгорания топливных гранул по сравнению с традиционным топливом (дизельным топливом, природным газом, мазутом, каменным углем). Кроме того, при сжигании топливных гранул не образуется оксидов серы. С другой стороны, по теплотворной способности топливные гранулы существенно уступают природному газу, мазуту и дизельному топливу.

Таблица 4. Характеристики основных видов топлива

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж/кг	Сера, мас.%	Зола, мас.%	Углекислый газ, кг/ГДж
Дизельное топливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	42	1,2	1,5	78
Природный газ	35–38	0,06	0	57
Каменный уголь	15-25	1–3	10–35	60
Гранулы древесные	17,5	0	1	23
Гранулы торфяные	11	0,12	4–20	70
Щепа древесная	13	0	1	31
Опилки древесные	10	0	1	40

Развитие биоэнергетики в России является перспективным направлением, поскольку имеется солидная сырьевая база, представленная отходами и сельского хозяйства, и лесопромышленного комплекса, и коммунального хозяйства. В настоящее время в большей степени развито производство твердого биотоплива из отходов лесоперерабатывающей промышленности.

На 2023 год в Российской Федерации функционировало более 250 предприятий по производству топливных гранул (пеллет); общая мощность предприятий составила около 3,9 млн т, при этом на внутреннем рынке использовалось только 5% произведенного топлива; около 90% экспортировалось в Евросоюз [15]. Рост производства топливных гранул в России за последнее время (2016–2022 гг.) составил около 20% в год. По производству топливных гранул в настоящее время лидируют Сибирский федеральный округ (Иркутская обл., Красноярский край) и Северо-Западный федеральный округ (Архангельская, Вологодская, Ленинградская обл.) (рис. 2). Произведенное предприятиями этих округов биотопливо идет не только на внутренние нужды, но и в большом количестве экспортируется.

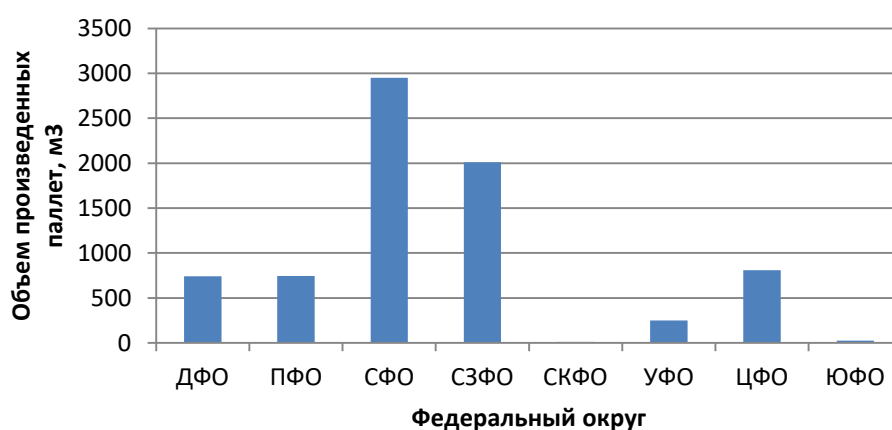


Рисунок 2. Использование отходов ЛПК для производства топливных гранул в федеральных округах РФ

Как следует из рис. 2, Уральский федеральный округ по объемам и темпам производства топливных гранул занимает последнее место после Дальневосточного, Приволжского и Центрального федеральных округов (в СКФО и ЮФО производство топливных гранул практически не развито). Подобная ситуация, вероятно, связана 1) с небольшими масштабами и мощностями предприятий лесопромышленного комплекса УФО; 2) с возможностью обеспечения различных предприятий региона другими видами энергоресурсов.

Выводы. Таким образом, биотопливо в любом агрегатном состоянии по своей теплотворной способности несколько уступает традиционному топливу, однако является при этом более экологичным и экономичным. Экологичность биотоплива основана на низком содержании в продуктах его сгорания парниковых газов и токсичных веществ. Экономичность обусловлена возможностью его производства из отходов действующих сельскохозяйственных и лесопромышленных предприятий.

В России производство биотоплива сведено к созданию топливных гранул из отходов предприятий ЛПК. Выявлено, что по производству пеллет в настоящее время в России лидируют предприятия СФО и СЗФО. Изготовление топливных гранул в объемах, покрывающих не только собственные нужды в энергии, но и необходимых для экспорта, требует больших масштабов и мощностей предприятий ЛПК.

Список литературы

1. Биотопливо возобновляемой энергетики. URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/biotoplivo/>.
2. Кузнецова Г. В. Производство биотоплива в развивающихся странах: проблемы и перспективы // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2012. Т. 8, № 45 (186). С. 53–63.
3. Основы инженерной экологии / В. В. Денисов, И. А. Денисова, В. В. Гутенев, Л. Н. Фесенко. Ростов н/Д: Феникс, 2013. 623 с.
4. Улюкина Е. А. Особенности применения биотоплива в сельскохозяйственном производстве // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В. П. Горячкина». 2019. № 6 (94). С. 23–27. <https://doi.org/10.34677/1728-7936-2019-6-23-27>.
5. Тенденции развития технологий производства биодизельного топлива / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, Ю. В. Мещерякова и др. М.: Росинформагротех, 2017. 170 с.
6. Углеводы микроводорослей для производства биотоплива: обзор / В. Ф. Долганюк, С. А. Сухих, О. О. Бабич, Е. А. Буденкова, Е. А. Андреева // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 2 (107). С. 20–25.
7. Исаева Ю. Д. Производство биотоплива для машинно-тракторных агрегатов // StudNet. 2022. № 3. С. 1455–1461. URL: https://stud.net.ru/wp-content/uploads/2022/03BA-3_2022.pdf.
8. История создания биотоплива // Tropicoshop. URL: <https://tipicoshop.ru/blog/istoriya-sozdaniya-biotopliva>.
9. Особенности производства биоэтанола // Cleandex. URL: <http://www.cleandex.ru/articles/2015/12/23/bioethanol-production>.

10. Бакланова Ю. О. Мировые лидеры по производству альтернативного топлива // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2007. № 4 (12). С. 18–24. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovye-lidery-po-proizvodstvu-alternativnogo-topliva/viewer>.
11. Юдкевич Ю. Технология производства биотоплива // Международная энергетика. URL: <https://www.infobio.ru/tiekhnologhiia-proizvodstva-biotopliva>.
12. Шарипов Ш. К., Тиллоев Л. И. Производство биогаза бактериальным брожением // Вопросы науки и образования. 2017. № 2. С. 54–55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvo-biogaza-bakterialnym-brozheniem?ysclid=lyizt17vyk568748303>.
13. Кононенко С. И., Ледин Н. П., Мурадова Е. Л. Производство биогаза и удобрений на животноводческих фермах // Вестник аграрной науки Дона. 2013. № 1 (21). С. 45–53.
14. Биотопливо из возобновляемого сырья: перспективы производства и потребления / А. Н. Иванкин, А. Д. Неклюдов, Н. А. Горбунова, М. И. Бабурина, Д. Г. Горохов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2008. № 6. С. 91–95.
15. Мехренцев А. В., Корж М. А. Теплогенерация на основе древесного топлива как база повышения энергоэффективности в лесопромышленном производстве // Леса России и хозяйство в них. 2019. № 3 (70). С. 78–86. URL: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/9349>.
16. Андреев Т. И., Рафикова Ю. Ю., Тетерина Н. В. Геоинформационный инструментальный для анализа энергопотенциала древесных отходов как фактора циркулярной экономики в регионах РФ // Окружающая среда и энергосбережение. 2022. № 4. С. 38–49.