

УДК 338.3

JEL Q48, Q58

DOI: <http://doi.org/10.25728/econbull.2022.3.4-sinelnikova>

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРОЕКТЫ МИРОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АГЕНТСТВА В ОБЛАСТИ БИОЭНЕРГЕТИКИ¹

Синельникова Анастасия Валерьевна

*Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия,
e-mail: sinelnikova_nast@mail.ru; SPIN-код: 5124-9024*

Аннотация: Целью настоящей работы является анализ текущих проектов Мирового Энергетического Агентства (МЭА), направленных на изучение потенциала для снижения затрат на производство новых видов биотоплива, с точки зрения методологии, статуса и первых результатов. В результате было выявлено, что как методологическую основу проекты МЭА используют нисходящий подход к анализу первичных данных (top-down), теорию кривых обучения для прогнозирования и классический проектный анализ. В качестве основных методов исследования используют экспертные опросы, мета-анализ первичных данных, анализ чувствительности проектов.

Основные результаты проектов МЭА свидетельствуют о том, что несмотря на существенный потенциал снижения затрат при производстве многих видов биотоплив, достичь ценового паритета с традиционными видами топлива, основанными на углеводородах, в среднесрочной перспективе не удастся.

Ключевые слова: биоэнергетика, снижение затрат, производство биотоплива, проектный анализ

RESEARCH PROJECTS OF THE WORLD ENERGY AGENCY IN THE FIELD OF BIOENERGY

Sinelnikova Anastasia Valerievna

*Kuban State University, Krasnodar, Russia,
e-mail: sinelnikova_nast@mail.ru; SPIN- code: 5124-9024*

Abstract: The purpose of this work is to analyze the current projects of the World Energy Agency (IEA) aimed at exploring the potential for reducing the cost of producing new types of biofuels, in terms of methodology, status and first results. As a result, it was revealed that, as a methodological basis, IEA projects use a top-down approach to the analysis of primary data (top-down), the theory of learning curves for forecasting and classical project analysis. Expert surveys, meta-analysis of primary data, and sensitivity analysis of projects are used as the main research methods.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 20-010-00589 «Разработка методологии и инструментария оценки эффективности вариантов государственной поддержки инновационных транспортных технологий в контексте новой климатической политики России»

The main results of the IEA projects indicate that despite the significant potential for cost reduction in the production of many types of biofuels, it is not possible to achieve price parity with traditional fuels based on hydrocarbons in the medium term.

Keywords: bioenergy, cost reduction, biofuel production, project analysis.

Введение. Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), сегодня биоэнергетика является наиболее важной технологией возобновляемых источников энергии с точки зрения ее вклада в глобальное конечное потребление энергии. В настоящее время биоэнергетика обеспечивает 13% потребностей мировой экономики в энергии [1]. Около двух третей этого объема обеспечивается традиционным использованием биомассы для приготовления пищи и отопления в странах с формирующейся рыночной экономикой и развивающихся странах, что во многих случаях не считается устойчивой практикой. Более современное использование биоэнергии для отопления, производства электроэнергии и транспорта составляет пока что всего 5% конечного мирового потребления энергии. Тем не менее, устойчивая биоэнергетика в настоящее время обеспечивает вклад в конечное потребление энергии, который примерно в пять раз превышает совокупный вклад ветровой и солнечной энергетик. Биотопливо является единственным значительным источником возобновляемого жидкого и газообразного топлива, обеспечивая около 3% мировой транспортной энергии.

В будущем роль биоэнергетики в декарбонизации мировой экономики должна только возрастать. Так, в сценарии МЭА 2DS (Сценарий 2°C) предусмотрено увеличение вклада биоэнергетики в мировом энергоснабжении в 4 раза к 2060 году [2]. Доля биотоплива в транспортном топливе к 2060 году должна возрасти в 10 раз и достичь около 30% общих потребностей транспортного сектора в энергии. При этом особенно важную роль в увеличении доли биотоплива играет авиация, судоходство и другие виды транспорта, используемого для перемещений на большие расстояния. В сценарии Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA) предусматривается, что за счет увеличения использования возобновляемых источников энергии и повышение энергоэффективности произойдет более 90% необходимого сокращения выбросов CO₂, связанных с энергетикой к 2050 году [3]. В этом сценарии биоэнергетика обеспечивает 22% от общих глобальных потребностей в энергии для транспорта.

Чтобы выполнение этих сценарием МЭА и IRENA было успешным, потребуются новые технологии производства новых видов биотоплива, которые будут пригодны к использованию в секторах, где иные способы декарбонизации практически невозможны - авиации, судоходстве и др. Новые виды биотоплива должно быть пригодным для этих конечных целей, производиться из экологически чистого сырья и иметь низкие показатели выбросов парниковых газов (ПГ), дополняя более известные традиционные виды биотоплива, такие как этанол, метиловый эфир жирных кислот (FAME) и гидроочищенные растительные масла (HVO).

В настоящее время по всему миру реализуются научные проекты по разработке новых технологий и путей получения возобновляемых видов топлива, которые обещают удовлетворить эти потребности. Однако они еще не полностью коммерциализированы и не работают в больших масштабах. Статус этих технологий недавно был рассмотрен Форумом по альтернативным

возобновляемым видам топлива для транспорта (ART Fuels Forum (Форум по альтернативным возобновляемым видам топлива для транспорта)) [4]. Пока производство этих видов топлива находится на низком уровне из-за того, что затраты на их производство выше, чем у аналогов, работающих на ископаемом топливе, или у обычного биотоплива на энергетической основе. Поэтому особую важность приобретают исследования, направленные на совершенствование экономических параметров производственных процессов и на понимание потенциала для снижения затрат. Традиционными направлениями снижения затрат считаются:

- сокращение затрат на производство сырья и логистику [5];
- повышение производительности технических процессов [6];
- реализация преимуществ масштаба за счет увеличения производственных мощностей [7];
- накопление опыта строительства и эксплуатации крупномасштабных производственных предприятий [8];
- увеличение доступности капитала и финансирования для заводов за счет снижения рисков и роста уровня доверия к новым технологиям [9];
- интеграция передовых технологий в существующие инфраструктуры топливного или промышленного производства (на основе био- и ископаемых) и, возможно, для улавливания и использования или хранения углерода [10].

Целью настоящей работы является анализ текущих проектов Мирового Энергетического Агентства, направленных на изучение потенциала для снижения затрат на производство новых видов биотоплива, с точки зрения методологии, статуса и первых результатов.

Методы и информационная база исследования. Информационной базой исследования послужили материалы Форума устойчивого транспорта Европейской комиссии, в частности, материалы Подгруппы по усовершенствованному биотопливу (SGAB). В качестве методов исследования использовался контент-анализ материалов проектов и сравнительный анализ методологии и информационных баз проектов.

Результаты. В качестве основного метода сбора данных в проектах SGAB использовался метод экспертного опроса. В роли экспертов выступали представители предприятий, которые осуществляют разработку разработкой проектов по широкому спектру технологий и видов топлива и расположены в Европе, Азии, Северной и Южной Америке. Всего к участию в опросе были привлечены 89 экспертов (табл. 1). В целях обеспечения коммерческой безопасности в отчете по проекту информация была представлена в агрегированном виде по каждой отдельной технологии производства биотоплива. В случае необходимости использования в отчетах конкретных данных конкретной компании, запрашивалось разрешение компании. В случае, если данные, предоставленные компаниями, были основаны на предварительных оценках затрат и не соответствовали минимальным критериям, основанным на эксплуатации опытной установки, эта информация не была учтена в исследовании.

Опросник для компаний включал следующие вопросы:

- краткое описание производственного предприятия с указанием названия и локации;

- список ключевых технологий, используемых на заводе, и простая блок-схема или диаграмма потоков процесса (Process Flow Diagram, PFD), включая подготовку сырья, переработку и повышение качества продукта (качество или спецификации четко определены), а также управление отходами и сопутствующими продуктами;
- классификация проекта (пилотный, демонстрационный, коммерческий);
- описание типа сырья, состава и ценового диапазона сырья, поставляемого на завод, мероприятия по мониторингу / контролю качества получаемого сырья и обеспечению технической и экономической целесообразности его переработки;
- сроки реализации проекта;
- размер предприятия в терминах потребления сырья, например, тонна сухой биомассы в день/месяц/год;
- производственная мощность предприятия в терминах максимального объема произведенной продукции в день/месяц/год;
- коэффициент конверсии биомассы в энергию, например, тонн продукта на тонну сухой биомассы или MW_{out}/MW_{in};
- состояние прогресса/график текущего повышения эффективности процесса и последствия снижения затрат;
- количество часов работы с момента запуска (примечание о продолжительности непрерывной работы или подобное) – описание надежности, продемонстрированная доступность производственных мощностей (в % от времени);
- комментарии о потенциальных барьерах развития технологии.

Таблица 1 - Количество контактов с экспертами в разбивке по технологиям

Технология (путь) производства	Количество контактов
Синтетическое топливо путем газификации	18
Пиролиз и апгрейд	9
HTL	3
Лигнин для получения топлива	3
HVO and UCOME (гидрогенизированные растительные масла)	7
Лигноцеллюлозный этанол путем ферментации	14
Лигноцеллюлозный этанол путем совместного брожения крахмала	3
Ферментация и превращение сахаров в углеводороды	5
Спирты к углеводородам	6
Биогаз и биометан	8
Прочие виды авиационного топлива	2
Power to X	5
Другие процессы и контакты	6
Всего	89

Далее собранные данные, были дополнены недавно опубликованными данными из литературных источников. Для некоторых наименее зрелых

технологий производства было недостаточно подробной информации, чтобы провести детальный анализ либо из отраслевых источников, либо из литературы.

Информация, полученная от компаний, также использовалась в качестве основы для оценки потенциала снижения затрат в среднесрочной перспективе (т.е. в течение 10-15 лет) от различных маршрутов до современных видов биотоплива. Во многих случаях полученная информация была общей и не очень подробной. Долгосрочный потенциал снижения затрат (в перспективе > 15 лет) был смоделирован в предположении о значительном расширении производственных мощностей (что требуется для достижения целей до декарбонизации) и действии эффектов масштаба производства и эффекта обучения. Конкретные значения темпов обучения были взяты по аналогии с другими секторами, включая традиционное производство биотоплива.

На следующем этапе реализации проекта прогнозируемые затраты на изученные виды топлива были сопоставлены с недавними диапазонами цен на ископаемое топливо, а также с ценами на некоторые традиционные виды биотоплива, такие как биоэтанол и биодизельное топливо.

Прогнозируемые будущие затраты на изученное биотопливо также были сопоставлены с возможными будущими сценариями цен на ископаемое топливо с использованием допущений о ценах на топливо, включенных в сценарии МЭА "Перспективы мировой энергетики" (WEO) [1], включая сценарий новой политики и Сценарий устойчивого развития [1]. В ходе анализа также было рассмотрено, как некоторые существующие схемы поддержки производства биотоплива поддерживают производство и использование передовых видов биотоплива, и как будущие режимы ценообразования на выбросы углерода могут повлиять на экономическую эффективность изучаемых видов топлива, используя затраты на выбросы углерода, указанные в сценариях МЭА WEO/

Анализ проектов SGAB показывает, что определённую методологическую сложность при сопоставлении различных данных, полученных экспертным путем и данных из литературных источников, представляют собой различия в показателях. Существует множество единиц измерения, которые можно было бы использовать для представления данных о затратах и производственных мощностях. Для того, чтобы иметь дело с широким спектром видов топлива с различным содержанием энергии и насыпной плотностью на общей основе, в проектах SGAB данные о производственных затратах указываются в евро на МВтч энергетического продукта, а инвестиционные затраты в евро на кВт мощности по производству биотоплива. Для облегчения сравнения с другими исследованиями в затраты также указываются в евро на ГДж.

Для расчета финансовых показателей по каждому производственному маршруту затраты разбиты на три основные категории:

- вклад капитальных затрат в производственные затраты;
- затраты на сырье на единицу продукции;
- прочие эксплуатационные расходы на единицу продукции

По умолчанию жизненный цикл проекта полагается равным 15 лет, стоимость капитала предполагалась равной 10%, а коэффициент использования производственных мощностей 8000 часов в год.

Затраты на производство биотоплива на конкретном заводе будут зависеть от многих местных факторов, включая стоимость участка и наличие какой-либо соответствующей инфраструктуры. Стоимость сырья также будет зависеть от

наличия и стоимости местных ресурсов. Таким образом, даже когда технологии станут зрелыми, производственные затраты будут различаться по целому ряду причин.

Следует подчеркнуть, что проекты SGAB, допускали только нисходящий подход (top-down), используя цифры, доступные от респондентов или из открытых источников. Поэтому результаты не основаны на строгом и последовательном технико-экономическом анализе, подробных технологических схемах и списках оборудования для составления оценок. Респонденты не всегда давали разбивку затрат по видам, и даже если такие данные были доступны для проверки на релевантность, в итоговых отчетах они все равно были объединены в один интегральный показатель. Таким образом, не было возможности выделить такие виды затрат как затраты на электроэнергию, воду, расходы на персонал и т.д.

Существуют также существенные различия в том, как отдельные организации предоставляют данные. Например, в некоторых случаях подача водорода или кислорода рассматривалась как эксплуатационные расходы, а в других конкретные технологические установки были включены в инвестиционные затраты и эксплуатационные расходы на коммунальные услуги и энергию.

Поэтому команды исследовательских проектов SGAB не пытались определить конкретные затраты на установку, а разработали некоторые более широкие оценки затрат, которые позволяют судить о том, в каком диапазоне лежат текущие и будущие затраты, а затем о том, как они соотносятся с затратами на альтернативные варианты.

Анализируя результаты проектов SGAB можно отметить, как основной вывод то, что существует значительный потенциал для снижения затрат за счет НИОКР и опыта, полученного на демонстрационных и ранних коммерческих установках текущего поколения. В случае роста производственных мощностей, капитальные и эксплуатационные затраты могут быть значительно снижены, в то время как возможности снижения затрат на сырье считаются более ограниченными. Общие производственные затраты могут быть снижены на 5-27% по сравнению с текущими оценками затрат. Кроме того, если накопленный опыт позволит финансировать заводы на более выгодных условиях, что приведет к дальнейшему снижению затрат. Например, снижение ставки финансирования с 10% до 8% и увеличение срока финансирования с 15 до 20 лет приведет к дальнейшему снижению затрат примерно на 5-16%. В совокупности эти меры могут сократить диапазон производственных затрат для биотоплива, полученного из сырья биомассы, до 42–119 евро/МВтч (12–33 евро/ГДж) и 29–79 евро/МВтч (8–22 евро/ГДж) для топлива из отходов.

По мере снижения капитальных и эксплуатационных затрат затраты на сырье приобретают все большее значение в общей структуре затрат. Трудно предсказать стоимость сырья и тенденции цен, особенно в ситуациях, когда спрос значительно увеличивается. В то время как глобальные и региональные исследования показывают, что значительное количество остатков отходов и энергетических культур может быть доступно по цене ниже 20 евро/МВтч (5,6 евро/ГДж), необходимы более подробные исследования, чтобы подтвердить, что сырье может быть практически доставлено при таких затратах, учитываются все логистические и рыночные факторы.

Сравнение оценок текущих затрат на производство ряда передовых видов биотоплива с ценами на ископаемые виды топлива, которые они призваны

заменить, указывает на значительный разрыв в затратах между 12 и 128 евро/МВтч (3-36 евро/ГДж). Если будет достигнуто упомянутое выше среднесрочное сокращение затрат, этот разрыв может быть сокращен, но он все еще будет значительным для многих путей производства биотоплива.

Выводы: Обобщая результаты проведенного анализа проектов SGAB, можно сделать вывод о том, что как методологическую основу они используют нисходящий подход к анализу первичных данных (top-down), теорию кривых обучения для прогнозирования и классический проектный анализ. В качестве основных методов исследования используют экспертные опросы, мета-анализ первичных данных, анализ чувствительности проектов.

Основные результаты проектов МЭА свидетельствуют о том, что несмотря на существенный потенциал снижения затрат при производстве многих видов биотоплив, достичь ценового паритета с традиционными видами топлива, основанными на углеводородах, в среднесрочной перспективе не удастся.

Литература

1. IEA, 2018. Market Report Series: Renewables 2018, s.l.: International Energy Agency.
2. IEA, 2017. Technology Roadmap - Delivering Sustainable Bioenergy, s.l.: International Energy Agency.
3. IRENA, 2018. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050 (2018 edition), s.l.: International Renewable Energy Agency.
4. Landalv, I., Waldheim, L. & Maniatis, K., 2018. SGAB Technology status and reliability of the value chains: 2018 Update, [S.l.], ART Fuels Forum.
5. ТИТОВА, Ekaterina S.; RATNER, Svetlana V. Environmental Issues and Biofuel Production Prospects in the Central Federal District of Russian Federation. Journal of Environmental Management and Tourism, [S.l.], v. 10, n. 5, p. 1049-1059, nov. 2019. ISSN 2068-7729.
6. Ратнер С.В. Управление инновациями на пред-конкурентных стадиях: опыт реализации многосторонних технологических инициатив в области альтернативного транспорта // Экономический анализ: теория и практика, 2018. Т. 17, Вып. 5, стр. 820-835.
7. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Вопросы экономической целесообразности развития энергетического машиностроения для возобновляемой энергетики в России // Вестник УРФУ, 2015, Т.14, №4, стр. 536-552.
8. Иосифов В.В., Ратнер С.В. Анализ барьеров и перспектив развития инновационных технологий автомобильного транспорта // Инновации, 2016. №4. стр. 12-20.
9. Gulmira Zhunussova, Svetlana Ratner, Gulshat Zhunussova, Gulnara Nurmukhanova, Aigul Shaihutdinova. Renewable Energy in Kazakhstan: Challenges and Prospects. International Energy Journal, 2020. Vol.20, Iss. 3, pp.311-324.
10. Ратнер С.В., Синельникова А.В. Моделирование инновационных путей развития региональной инфраструктуры генерации электроэнергии по методологии анализа жизненного цикла (LCA) // Материалы международной научно-практической конференции «Управление инновациями – 2018». Москва, ИПУ РАН, 19-21 ноября 2018 г., стр.86-92.

References

1. IEA, 2018. Market Report Series: Renewables 2018, s.l.: International Energy Agency.

2. IEA, 2017. Technology Roadmap - Delivering Sustainable Bioenergy, s.l.: International Energy Agency.
3. IRENA, 2018. Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050 (2018 edition), s.l.: International Renewable Energy Agency.
4. Landalv, I., Waldheim, L. & Maniatis, K., 2018. SGAB Technology status and reliability of the value chains: 2018 Update, [S.l.], ART Fuels Forum.
5. TITOVA, Ekaterina S.; RATNER, Svetlana V. Environmental Issues and Biofuel Production Prospects in the Central Federal District of Russian Federation. Journal of Environmental Management and Tourism, [S.l.], v. 10, n. 5, p. 1049-1059, nov. 2019. ISSN 2068-7729.
6. Ratner S.V. Upravlenie innovatsiyami na pred-konkurentnyh stadiyah: opyt realizacii mnogostoronnih tekhnologicheskikh iniciativ v oblasti al'ternativnogo transporta // Ekonomicheskij analiz: teoriya i praktika, 2018. Vol. 17, Is. 5, p. 820-835. (In Russ.)
7. Ratner S.V., Iosifov V.V. Voprosy ekonomicheskoy celesoobraznosti razvitiya energeticheskogo mashinostroeniya dlya vozobnovlyaemoy energetiki v Rossii // Vestnik URFU, 2015, Vol.14, №4, p. 536-552. (In Russ.)
8. Iosifov V.V., Ratner S.V. Analiz bar'erov i perspektiv razvitiya innovacionnyh tekhnologij avtomobil'nogo transporta // Innovacii, 2016. №4. p. 12-20. (In Russ.)
9. Gulmira Zhunussova, Svetlana Ratner, Gulshat Zhunussova, Gulnara Nurmukhanova, Aigul Shaihutdinova. Renewable Energy in Kazakhstan: Challenges and Prospects. International Energy Journal, 2020. Vol.20, Iss. 3, pp.311-324.
10. Ratner S.V., Sinel'nikova A.V. Modelirovanie innovacionnyh putej razvitiya regional'noj infrastruktury generacii elektroenergii po metodologii analiza zhiznennogo cikla (LCA) // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Upravlenie innovatsiyami – 2018». Moskva, IPU RAN, 19-21 noyabrya 2018 g., p.86-92. (In Russ.)

Поступила в редакцию 5 ноября 2022 г.