

Казанский Федеральный Университет
Department of high-viscosity oils and natural bitumen
Биотоплива на основе сырья растительного происхождения
Biofuels based on raw materials of plant origin

Мансуров Олим Пардабоевич,
Кемалов Руслан Алимович, Kemalov Ruslan Alimovich ^b
Кемалов Алим Фейзрахманович, Kemalov Alim Feizrahmanovich ^c

аспирант кафедры высоковязких нефтей и природных битумов ^a
кандидат технических наук, доцент кафедры высоковязких нефтей и природных битумов,
Член Экспертного совета РГО, и.о. руководителя группы «Водородная и альтернативная,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой высоковязких нефтей и
природных битумов
Казань, Россия

E-mail: olimjonmansurov@mail.ru, kemalov@mail.ru

Аннотация:

Глобальное энергоснабжение происходит в основном за счет ископаемого топлива (нефть, природный газ и уголь), которые вносят более 82%, чтобы помочь миру удовлетворить свои потребности в энергии. Ископаемое топливо является источником энергии, загрязняющим окружающую среду, с точки зрения парниковых газов, выбросы газа; 56,67% всех выбросов парниковых газов происходит от сжигания нефти. Выбросы парниковых газов приводят к антропоцентрическому глобальному потеплению - основной причиной к изменению. Таким образом, растущий мировой спрос на продукты питания, энергию и воду оказывает давление на устойчивость «планетарных границ», требующая действий для устойчивого производства во всех секторах. Учитывая, что 60% из нефть используется в транспортном секторе, в качестве альтернативы и возобновляемых источников энергии производство топлива стало необходимым. Биоэтанол стал отличным вариантом для эффективности, энергетического баланса и стоимости, что определяет международную конкуренцию и привлечение внимания всего мира к этому источнику энергии. Биоэтанол можно производить из нескольких видов сырья.

Ключевые слова: биотопливо, тростник, экстракция, альтернативные источники энергии

Abstract: The global energy supply comes mainly from fossil fuels (oil, natural gas and coal), which contribute more than 82% to help the world meet its energy needs. Fossil fuels are an energy source that pollutes the environment, in terms of greenhouse gases, gas emissions; 56.67% of all greenhouse gas emissions come from the burning of oil. Greenhouse gas emissions lead to anthropocentric global warming - the main reason for the change. Thus, the growing global demand for food, energy and water is putting pressure on the sustainability of the "planetary boundaries", requiring action for sustainable production in all sectors. Considering that 60% of the oil is used in the transport sector, fuel production has become necessary as an alternative and renewable energy source. Bioethanol has become a great option for efficiency, energy balance and cost, which makes several countries compete

Keywords: biofuels, cane, extraction, alternative energy sources

Введение (Introduction)

В настоящее время биотопливо является новой областью для исследований, поскольку существующие ископаемые виды топлива, вероятно, сократятся в течение нескольких лет, и многие правительства хотели бы уменьшить свою зависимость от ископаемых видов топлива. Поэтому, развитие биотоплива и альтернативных источников энергии является одним из приоритетов многих стран. В настоящее время необходимо использовать новейшие научные подходы и объединить их с надлежащим использованием природных ресурсов, и тогда технология может повлиять на жизнь простого человека [1].

В связи с возобновляемостью и огромными возможностями совершенствования и разработки, биотопливо становится многообещающим источником энергии, в сравнении с ограниченной и локализованной доступностью ископаемого топлива [2]. Кроме того, биотопливо, возможно, является решением зависимости от иностранных источников энергии, а также подходит для решения экологических проблемы [9]. Существует большой

скрытый потенциал в источниках энергии из биотоплива, особенно когда он сочетается с эффективным ведением сельского хозяйства и научным применением, что позволяет ему снабжать человечество различным сырьем, необходимым для пищевой клетчатки и энергии. Этому соответствует несколько видов топлива, которые можно получить из биомассы, обычно называемые биотопливом, и охватывают жидкие виды топлива, такие как этанол, метанол или биодизель, и газообразные, такие как метан и водород.

В зависимости от применения и использования сырья, биотопливо можно подразделить на два этапа: биотопливо первого поколения и второго поколения [10]. Наиболее распространенными видами биотоплива первого поколения являются этанол, метиловый эфир жирной кислоты (МЭЖК или биодизель) и чистое растительное масло (ЧРМ). Наиболее распространенным видом биотоплива, используемого в мире, является биоэтанол, объем мирового производства которого увеличился с 17 тысяч млн. литров в 2000 г. до 68 тысяч млн. литров в 2008 г. [11, 12]. Основными видами сырья для производства этанола являются сахарный тростник, пшеница, сахарная свекла, рапс, соевое и пальмовое масло [13]. Большая часть мирового производства этанола приходится на Соединенные Штаты и Бразилию, которые используют кукурузу или сахарный тростник в качестве основного сырья, в то время как Европа производит его из картофеля, пшеницы или сахарной свеклы. Что касается биодизеля, основной производитель - это Европа, где лидером является Германия, производство которого удовлетворяет 3% от всей потребности страны в топливе [14].

Чистое растительное масло является относительно новым ресурсом биотоплива, и в последнее время оно приобретает все большую важность в связи с ранним ограниченным локальным производством. Ключевыми характеристиками, связанными с этим видом, являются экономическая ценность и возможность получения высокого урожая на гектар продукции. Эти свойства делают его пригодным для рынков развивающихся стран. Хорошим примером являются такие страны, как Малайзия и Индонезия, из-за низкой стоимости рабочей силы и производства в сравнение со странами Европы и

Северной Америки. В последнее время приобрел значение импорт из этих стран. Основными преимуществами биотоплива первого поколения являются ограничение выбросов CO₂ и обеспечение внутренней энергетической безопасности. Тем не менее, наличие сырья, неблагоприятные воздействия на биоразнообразие и конкуренция за сельскохозяйственные угодья являются основными препятствиями. Кроме того, основными проблемами, связанными с биотопливом первого поколения, являются устойчивость ресурсов, из которых они производятся, а также их прямая конкуренция за продовольственные культуры и экологические угрозы, связанные с экосистемами.

В настоящее время есть хорошо обоснованный анализ биотоплива, согласно которому они должны быть очень эффективными с учетом сокращения выбросов и чистого жизненного цикла выбросов парниковых газов (ИГ), которые, безусловно, должны соответствовать критериям социальной и экологической устойчивости. За исключением биоэтанола из тростника, ни одно из биотоплива первого поколения, по-видимому, не является выгодным для будущего транспортного топлива.

Современному биотопливу уделяется мало внимания, в первую очередь из-за ограниченных запасов сырья. Две культуры, которые однозначно квалифицируются как «современное биотопливо» согласно EISA, - это сахарная свекла и тростник. К 2022 году потребуется передовое производство биотоплива объемом 15 миллиардов галлонов в год, что создаст рыночную нишу. В 2008 году на Северную Дакоту и Миннесоту приходилось около 55 процентов от общего объема производства сахарной свеклы в стране.

Небольшая модификация в переработке отходов может дать другие соединения, такие как уксусная кислота и родственные органические кислоты, имеющие дополнительные экономические преимущества [20]. Уксусная кислота и органическая кислота являются очень важными промышленными промежуточными веществами, которые **действуют** как источники углерода для роста нескольких видов микробов, которые могут производить различные виды биотоплива и химических веществ. Помимо этих источников, благодаря недавнему прогрессу в области микробной инженерии, сырье, полученное из

водорослей, также демонстрирует значительный потенциал для производства биотоплива. Из-за разностороннего характера условий роста водорослей, он обладает огромным потенциалом для роста практически в любых суровых условиях окружающей среды, таких как соленая вода, сточные воды, прибрежная морская вода и непахотные земли. Кроме того, водорослевая биомасса особенно подходит для получения высокого выхода липидов, необходимых для производства биодизеля. Поскольку производство водорослевого сырья слабо сказывается на спросе на обычные продовольственные культуры, это делает его более пригодным для производства биотоплива.

В настоящее время возможности, лежащие в основе энергетических решений, касающихся биотоплива, привлекают внимание всего мира, и стали очевидной формой политики, предпринимаемой несколькими правительствами по сокращению их зависимости от ископаемого топлива путем использования экологически безопасного подхода. Некоторые из ведущих стран, занимающихся продвижением биотоплива - Соединенные Штаты, Бразилия, страны-участники ЕС, Канада, Китай и Индия. Правительство США сделало один из самых амбициозных прогнозов по биотопливу, выступив за трехкратное увеличение биоэнергии в течение следующих десяти лет [15]. Под названием «биотопливо» скрываются два основных товара: биоэтанол и биодизель. Сырьем для производства биоэтанола являются главным образом сахар, кукуруза, соя, пшеница и подсолнечник, ятрофа, растительное масло, пальма, рапс и соя являются сырьем для биодизеля. Биоэтанол является наиболее перспективным типом биотоплива, которое способно заменить бензин, и в настоящее время является частью политики многих правительств по использованию биотоплива, что наблюдается в некоторых крупных странах, таких как Бразилия, с обязательным использованием 22% биоэтанола, 10% в несколько штатов США и Китае. Более того, водосодержащий биоэтанол (96% биоэтанола с 4% воды) также широко используется в этих странах [16]. В соответствии с Законом США об энергетической независимости и безопасности от 2007 г. предусмотрено, что к 2022 году вклад возобновляемой энергии от

биоэтанола и других видов биотоплива будет увеличиваться до 36 млрд. галлонов ежегодно.

Китай также принимает требование на смешивание этанола до 10 процентов к 2020 году. С политикой использования сырья из незерновых культур для производства биотоплива второго поколения, пять китайских провинций Хэйлунцзян, Цзилинь, Ляонин, Аньхой и Хэнань работают над этим требованием. Всего в Китае пять заводов по производству этанола, из них четыре используют зерновое сырье (кукуруза и пшеница), а другой использует клубень маниоки. Производство этанола из зерна составило 2 103 млн. литров, в то время как производство из маниоки составило 152 млн. литров. С другой стороны, производство биодизеля в Китае оценивается в 3 408 млн. литров, где основными используемыми исходными материалами являются использованные / отработанное кухонное масло и остатки жмыходробилки.

Индия производит ожидаемое количество биоэтанола, достаточного для достижения требования о смешивании биотоплива (около 2-%) с топливом на 2012 год. Производство биодизеля из растения ятрофы в настоящее время незначительно. В соответствии с национальной политикой в области биотоплива, утверждённой правительством Индии в 2009 году, было предложено смешать 20 процентов биотоплива с ископаемым топливом к концу 12-го пятилетнего плана (2017 год).

Основными движущими силами развития биотоплива являются нестабильность мировых цен на нефть, надежность энергоснабжения, глобальное потепление и создание новых возможностей для сельского хозяйства. Интерес к коммерческому производству биотоплива для транспорта возобновился в середине 1970-х годов, когда из сахарного тростника (Бразилия) и кукурузы (США) начали производить этанол с учетом требования о добавках в топливо, определяющее долю биотоплива, которое должно использоваться для транспортного топлива.

Проблемы, связанные с нестабильностью мировых цен на нефть, безопасностью энергоснабжения, глобальным потеплением и созданием новых возможностей для сельского хозяйства, стимулируют поиск источников

энергии, которые являются чистыми, устойчивыми и конкурентоспособными с ископаемым топливом. Это основные движущие силы развития биотоплива, которое стало одним из наиболее перспективных видов энергии для обеспечения устойчивой энергетической матрицы [1,2].

Биотопливо получают из возобновляемых источников биомассы. Преобразование солнечного света в химическую энергию является одним из наиболее важных процессов для поддержания жизни на планете. Процесс преобразования солнечной энергии в химическую энергию, ответственную за воспроизводство растений, включает потребление O₂ и производство CO₂ и растительных ресурсов. Термин «биомасса» используется для наименования растительных ресурсов, используемых для производства биоэнергии.

Основными источниками биомассы являются леса, сельскохозяйственные культуры и отходы, полученные в результате агролесоводства и животноводства.



Рисунок 1. Процент источников энергии в 2010 году
По материалам МЭА [6].

Биомасса классифицируется как современная или традиционная, в зависимости от ее происхождения и типа обработки. Традиционная биомасса связана с производством энергии при использовании ресурсов неустойчивого управления и методов, которые характеризуются низкой эффективностью и высоким уровнем выбросов загрязняющих веществ. Современная биомасса

получается путем правильного управления, с использованием технологий, которые гарантируют высокую эффективность процессов производства и конверсии и обеспечивают получение высококачественного биотоплива, такого как этанол, биогаз и биомасло из растительных масел, лесоматериалов, промышленных и коммунальных отходов и т.

Мировое производство биотоплива достигло 105 млрд. литров в 2010 г., что представляет собой увеличение на 17% в сравнение с примерно 90 млрд. литрами в 2009 г. (Рисунок 2). Однако эта цифра значительно отстает от увеличения на 35 млрд. галлонов, предложенного ЗЭНБ для сокращения потребления бензина. Поэтому еще многое предстоит сделать для достижения цели и превращение биотоплива в рентабельную замену топлива из нефти.

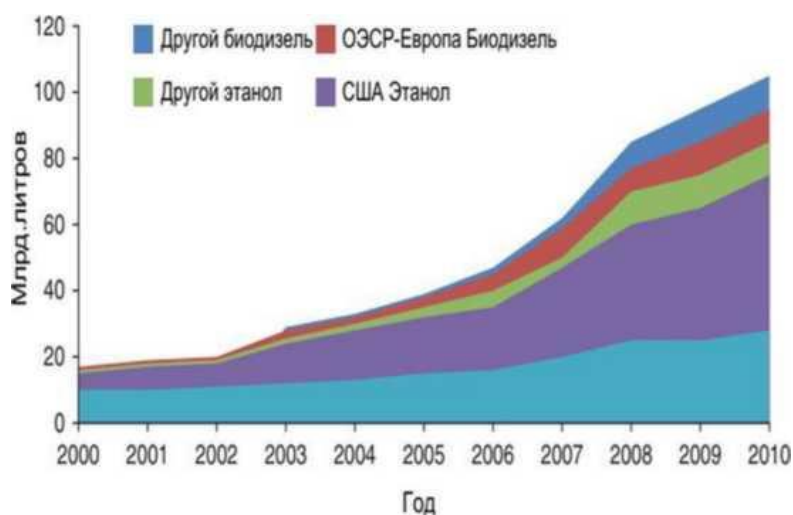


Рисунок 2. Мировое производство биотоплива в период 2000-2010 гг. По материалам МЭА (Международное энергетическое агентство)

Она поощряла производство этанола из тростника, который сегодня является важной культурой для экономического развития Бразилии и замены бензина для транспорта. Сегодня около 50% бразильских самолетов летают на двигателях с гибким выбором топлива: бензин, этанол или их смеси. Кроме того, сахарный тростник является источником остаточной биомассы (жмых), которая используется для выработки электроэнергии при сжигании, но которую также можно использовать в процессах второго поколения для производства биоэтанола.

По оценкам, в 2010 г. во всем мире было произведено 86 млрд. литров этанола и 19 млрд. литров биодизеля. Десять лет назад производство биотоплива не превысило 20 млрд. литров (рис. 2.) [9]. Однако, несмотря на все экологические преимущества, предоставляемые биотопливом, расширение их производства ограничено их высокой себестоимостью по сравнению с конкурентами: ископаемое топливо (дизель и бензин). Одним из основных факторов, делающих производство биотоплива первого поколения более дорогим, является стоимость сырья. У сырья для производства биотоплива, обычно высокая добавленная стоимость, такое как кукуруза и тростник, которые используются для производства биоэтанола и соя, которая используется для производства биодизеля. Таким образом, стоимость продукции обычно высока. Из-за этого, за исключением этанола из тростника, производимого в Бразилии, биотопливу по-прежнему требуются субсидии для производства.

Учитывая данный сценарий, в области биотоплива предстоит еще многое сделать для повышения экономической целесообразности. Технологические достижения в производстве и переработке биотоплива могут привести к появлению более конкурентоспособных видов топлива. Развитие химических и биологических наук, наряду с новыми культурами для производства энергии, новыми ферментами и искусственным моделированием биологических процессов (анаэробное сбраживание, ферментация и т.д.) может снизить их производство. Поэтому в развитие этих технологий вкладываются большие средства. Целью данной работы является обзор некоторых самых последних достижений в производстве биотоплива.

Термин «биотопливо» относится к жидкому и газообразному топливу, полученному из биомассы. Идут широкие дискуссии о том, как классифицировать биотопливо [3]. Они обычно подразделяются на биотопливо первого, второго и третьего поколений, но одно и то же топливо можно классифицировать по-разному в зависимости от того, является ли технология зрелой, баланса выбросов парниковых газов или сырье используется для определения различия. В этой работе используется определение, основанное на

зрелости технологии, а также термины «традиционный» и «усовершенствованный» для классификации.

Существует ряд технологий для преобразования энергии из биомассы, подходящих для применения в малых и крупных масштабах. Принимая во внимание конвенцию, принятую Международным энергетическим агентством (МЭА) (*Международное энергетическое агентство*) для классификации биотоплива, на рисунке 2.3 представлена сводная информация о традиционных и усовершенствованных видах биотоплива, иллюстрирующие технологии и процессы их получения.

	Усовершенствованное биотопливо			Традиционное биотопливо
	Базовые и прикладные И и Р	Выявление	Ранний коммерческий	Коммерческий
Биоэтанол		Целлюлозный этанол		Этанол из сахарных и крахмальных культур
Биотопливо дизельного типа	Биодизель из микроводорослей; Углеводород из сахара	Б-Ж1-дизель (путем газификации + ФТ2)	Гидроочищенное растительное масло	Биодизель (путем трансэтерификации)
Другие виды топлива и добавки	Новое топливо (например, фураны)	Биобутанол; ДМЕ ³ ; Топливо путем пиролиза	Метанол	
Биометан		Био-SG ⁴		Биогаз (анаэробная переработка)
Водород	Все остальные новые способы	Газификация с преобразованием	Преобразование биогаза	

Жидкое биотопливо	1. Биомасса в жидкость	2. Фишер-Тропш
Газообразное топливо	3. Диметилловый эфир	4. Биосинтетический газ

Рисунок 3. Статус основных биотопливных технологий, по материалам МЭА

Материалы и методы (Materials and Methods)

Передовые биотопливные технологии - это процессы преобразования, которые все еще находятся на стадии исследований и разработок, экспериментальных или демонстрационных фаз, обычно называемых вторым или третьим поколением. К этой категории относятся растительное масло с гидроочисткой (РМГ) из животного жира и растительного масла, а также

биотопливо из лигноцеллюлозной биомассы, такое как целлюлозный этанол, дизельное топливо из биомассы в жидкость (Б-Ж) и биосинтетический газ. (Био-СГ). Это также включает биотопливо из водорослей и превращение сахара в биотопливо дизельного типа с использованием биологических или химических катализаторов.

Биотопливо второго поколения может производиться из отходов, образующихся в результате промышленных процессов, сельского хозяйства или агролесоводства. Они представляют собой альтернативы для снижения себестоимости производства биоэнергии и снижения конкурентоспособности с продуктами питания. Производство целлюлозного этанола, который является одним из наиболее многообещающих источников «чистой и дешевой энергии», может, в принципе, использовать в качестве любого сырья, содержащего целлюлозу и гемицеллюлозу (например, жмых, солому, шелуху и т.д.). Однако в этой области необходимы значительные технологические достижения, так как эти технологии пока экономически неосуществимы. Процессы сложны и включают использование технологий, которые все еще находятся в зачаточном состоянии.

Третьего поколения, производство биодизеля из микроводорослевых культур является многообещающей альтернативной формой биоэнергетики по доступной цене с использованием почв, которые не представляют большой ценности для производства продуктов питания. Однако эта технология все еще находится на стадии лабораторных исследований. В ближайшее время — это будет способствовать крупномасштабному производству биотоплива. Далее в статье более подробно представлены основные процессы, используемые для производства биотоплива первого, второго и третьего поколений.

Таблица 1 - Технологии производства биотоплива первого поколения

Тип биотоплива	Наименование	Сырье	Технологии преобразования
Биоэтанол	Обычный этанол	Сахарная свекла, тростник	Прямое брожение сока

Процесс производства этанола из тростника включает в себя следующие этапы:

Измельчение: биомасса очищается и размалывается;

-Подготовка сусла: воду смешивают с соком тростника и патокой, чтобы отрегулировать концентрацию сахара для последующей ферментации;

-Ферментация: к смеси добавляют дрожжи, превращая сахара в этанол и диоксид углерода; Центрифугирование: жидкие и твердые фракции разделяются;

-Дистилляция: этанол, содержащийся в жидкой фракции, отделяется от воды, с чистотой приблизительно 95,6% (гидратированный этанол);

-Дегидратация: гидратированный этанол проходит процесс, чтобы удалить оставшуюся воду (азеотропная перегонка, экстрактивная перегонка или молекулярное просеивание), и получить обезвоженный этанол;

-Денатурирование: этанол, который будет использоваться в качестве топлива, денатурируется с небольшим процентом добавок, таких как метанол, изопропанол, ацетон, метилэтилкетон, метилизобутилкетон и т. д., чтобы сделать его непригодным для потребления человеком.

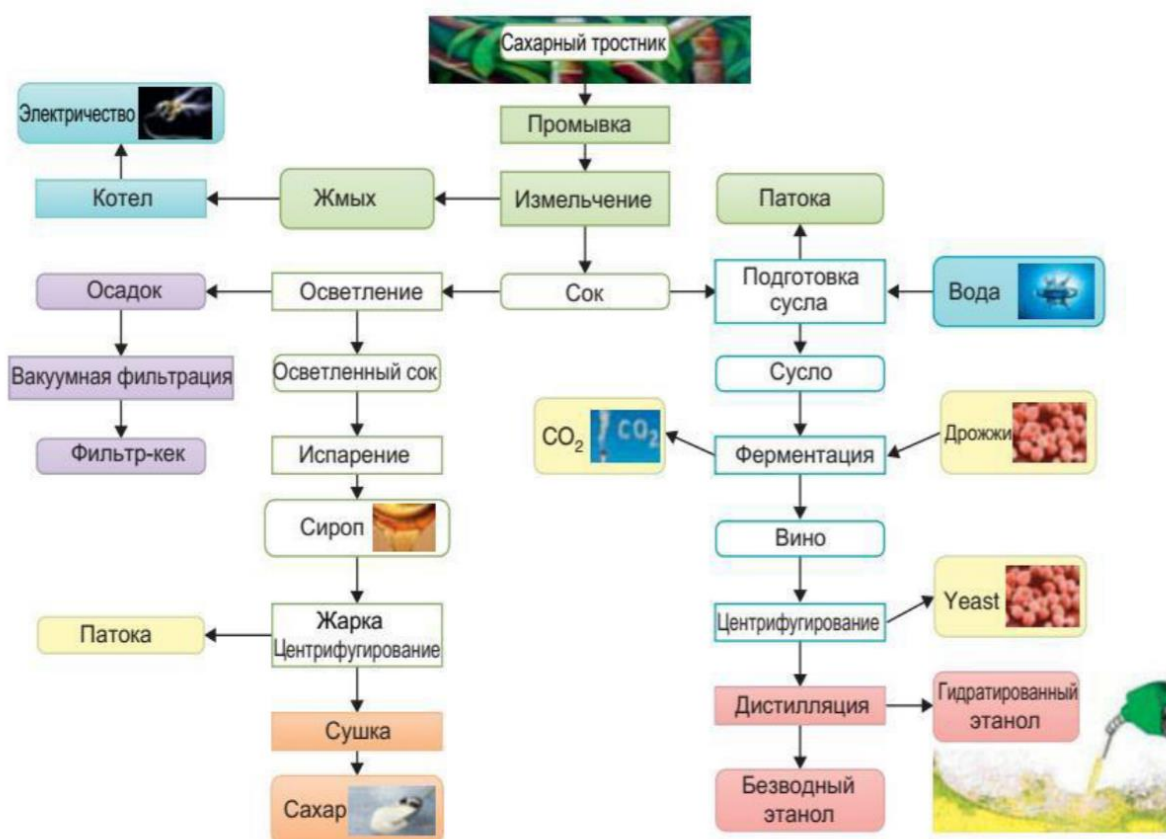


Рисунок 4 - Этапы производства на сахарных заводах и перегонных установках. По материалам Прадо и Мейрелеса

Для производства биоэтанола используемый для тростника, поскольку крахмал должен подвергаться предварительной обработке, чтобы его гидролизировали в перед ферментацией. На стадии измельчения сырье размалывают на мелкие частицы. Эти частицы затем смешиваются с водой и ферментами (α -амилаза), и смесь готовится при высоких температурах (140-180 °C) для разжижения крахмала. Смесь проходит сахаризацию, где добавляется фермент глюкоамилаза для превращения молекул крахмала в сбраживаемые. Стадии ферментации и дистилляции аналогичны тем, которые используются при переработке тростника. Высокие температуры варки подразумевают высокие эксплуатационные расходы, что делает экономически менее выгодным этанол из крахмала по сравнению с этанолом из тростника. Этанол первого поколения может использоваться в качестве чистого топлива или может смешиваться с бензином и другими видами топлива. Самые последние достижения в производстве этанола первого поколения были достигнуты благодаря улучшению производства этанола путем использования пероксида водорода (*Saccharomyces cerevisiae*), в частности, путем изменения генома и глобальной технологии расшифровки. Среди наиболее значительных разработок в области ферментации — это внедрение высокой технологии гравитации, использование лигноцеллюлозных гидролизатов в качестве исходного сырья и применение непрерывных процессов с клетками высокой плотности. Такие технологии выигрывают от выбора и конструирования более устойчивых штаммов дрожжей с индивидуальными свойствами для каждого из процессов.

Биогаз может быть получен путем анаэробного сбраживания исходного сырья, такого как органические отходы, навоз и сточные воды, или из специальных экологически чистых сельскохозяйственных культур, таких как тростник, трава и пшеница. Процесс анаэробного сбраживания, или биометанизация, представляет собой привлекательную стратегию переработки для уменьшения загрязнения различных остатков из биологического твердого вещества и может принести пользу обществу, обеспечивая возобновляемый источник биотоплива из различных органических субстратов. В основном, микроорганизмы сохраняются в биореакторе с разделением между ацидогенными

и метаногенными бактериями.

Процесс биометанизации биомассы осуществляется серией биохимических превращений, которые можно разделить на первую стадию, где происходит гидролиз, подкисление и ожижение, и вторую стадию, на которой ацетат, водород и диоксид углерода превращаются в метан. Продукт биогаза путем биометанизации содержит от 60 до 80% метана. Биогаз часто используется для выработки тепла и электричества, но его также можно преобразовать в биометан путем удаления CO_2 и сероводорода (H_2S) и закачки его в газораспределительную сеть. Биометан также может использоваться в качестве топлива для транспортных средств на природном.

Результаты (Results)

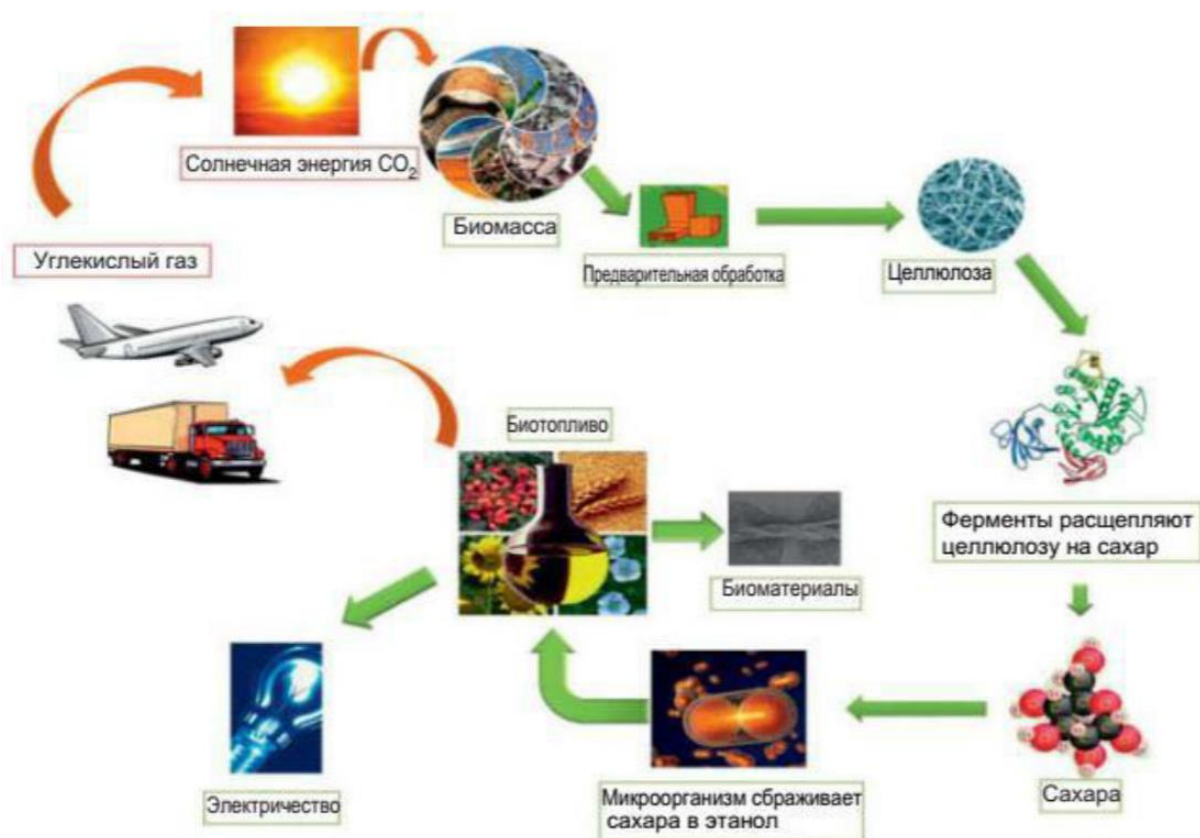


Рисунок 5 - Концепция биорафинирования

В зависимости от степени проникновения на рынок различные технологии для производства биотоплива могут быть связаны с различными этапами цепочки исследований, разработок и инноваций. В то время как биотопливо первого поколения в настоящее время находится на этапе коммерческого применения, биотопливо второго поколения выходит на рынок, а биотопливо третьего поколения все еще находится на этапе лабораторных исследований. Однако ожидается, что все они будут производиться в промышленных масштабах в течение последующих десятилетий. Действительно, в настоящее время многие страны поощряют или оценивают программы по биотопливу, в некоторых случаях с действительно хорошими перспективами, если принять во внимание надлежащую систему производительности.

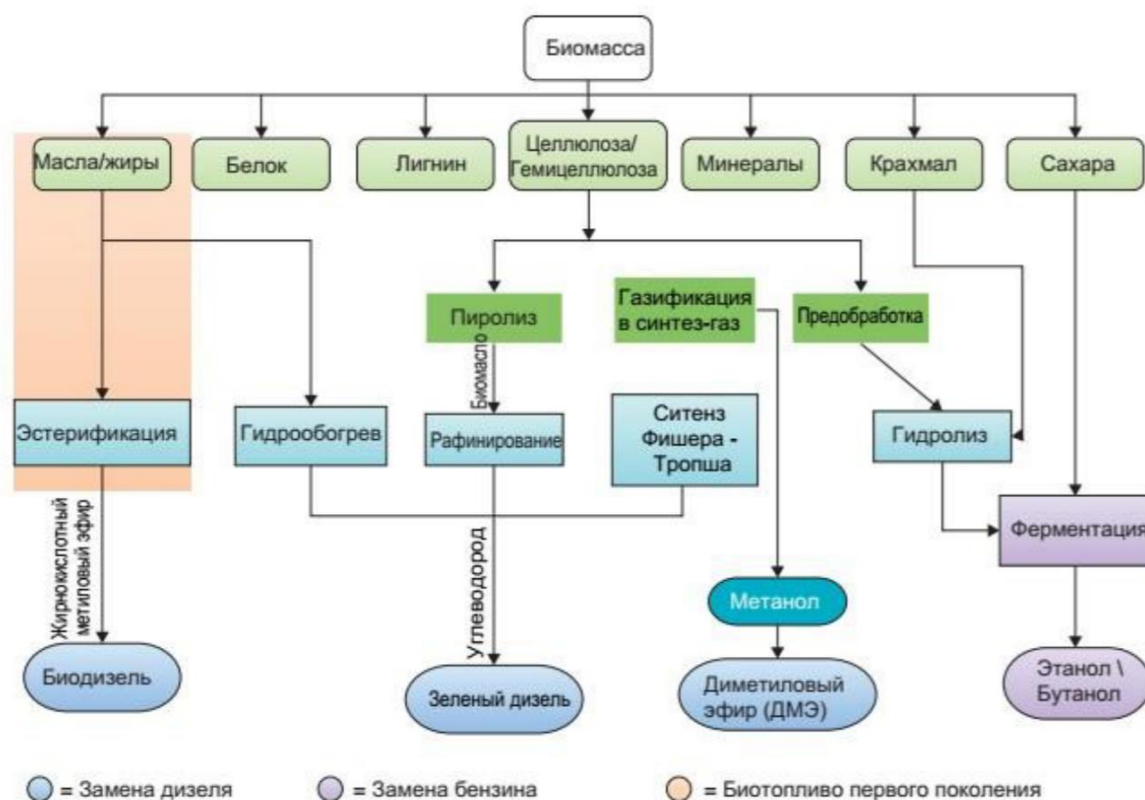


Рисунок 6 - Обзор усовершенствованного биотоплива

Успех реализации программы по биотопливу является результатом правильного взвешивания движущих сил для их производства в каждом случае с учетом характеристик имеющихся альтернатив биотоплива, чтобы максимизировать выгоды от их использования. Решение о том, какое

ископаемое топливо удобнее заменить, не говоря о будущем существующей транспортной инфраструктуры, также является ключевым вопросом.

Во всем мире большие площади земель, которые ранее использовались для сельского хозяйства, превратились в леса, и сохраняющаяся тенденция к использованию электронных носителей и переработки бумаги может снизить спрос на целлюлозу. Это дает возможность перераспределить древесную биомассу для производства энергии. Другими важными источниками лигноцеллюлозной биомассы являются остатки агропромышленного комплекса, такие как жмых тростника. Даже твердые бытовые отходы и отходы бумажной промышленности использовались для производства биотоплива второго поколения. С другой стороны, некоторые потенциальные культуры биомассы содержат вторичные метаболиты, которые токсичны для микроорганизмов. Идентификация и устранение таких соединений генетическими методами является приоритетной задачей для исследования растительного сырья, если это можно сделать без создания проблем с вредителями и патогенами.

Заключение (Conclusions)

Биотопливо начали производить в конце 19 века. Интерес к коммерческому производству биотоплива для транспорта вновь возрос в середине 1970-х годов, и самый быстрый рост производства биотоплива произошел за последние 10 лет при поддержке амбициозной государственной политики. Помимо вопросов энергетической безопасности и устойчивого сельского хозяйства, сокращение выбросов CO₂ и политика смешанного управления автомобильным транспортом способствуют важности биотоплива среди альтернативных видов ископаемого топлива. Биотопливо является сложным предметом, который включает в себя такие аспекты, как экономика, экология, науки об окружающей среде, агрономия, ботаника, микробиология, биохимия, химия, генетика, химическая инженерия, машиностроение, юриспруденция и политика. Полная замена ископаемого топлива биотопливом не считается достижимой, но, тем не менее, современное биотопливо призвано

сыграть решающую роль в долгосрочной перспективе, чтобы помочь ограничить рост выбросов парниковых газов и привести к переходу нынешнего общества, основанного на нефти к более устойчивому топливу.

Список литературы (References):

1. Джамалов З.З., Кемалов Р.А., Кемалов А.Ф. Синтетическое жидкое топливо, на основе возобновляемого сырья из лигноцеллюлозной биомассы // Природные энергоносители и углеродные материалы & Natural energy sources and carbon materials. – 2021. – № 4(10);
2. Кемалов Р.А. Стратегические инициативы Международного энергетического агентства МЭА в рамках Парижского соглашения и договора об изменении климата. Стратегический альянс «Чистый ноль к 2050 году». Риски, стратегии, климатические задачи 2050 // Природные энергоносители и углеродные материалы & Natural energy sources and carbon materials. – 2021. – № 2(08); URL: energy-sources.esrae.ru/2-26.
3. L.A. Nogueira. Does biodiesel make sense? *Energy*, Vol 36(6), p. 3659-3666, 2011.
4. I. Council. *Lighting the way: Toward a sustainable energy > future*. InterAcademy Council, FAPESP, 2007.
5. IEA, *Technology' Roadmap: Biofuels for Transport*. International Energy Agency, France, p. 56, 2011.
6. Fulton, L. *Biofuels for Transport: An International Perspective*. International Energy Agency: France. 2005.
7. M. Balat and H. Balat. *Applied Energy*, Vol. 86(11), p. 2273-2282, 2009.
8. J. Goldemberg. Biomass and energy. *Quimica nova*, Vol. 32(3), p. 582-587,
9. C.V. Stevens and R. Verhe, *Renewable bib resources scope and modification for nonfood application*, Chichester, John Wiley and Sons Ltd, 2004.
10. S.N. Naik, V.V. Goud, P.K. Rout and A.K. Dalai, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 14, p. 578-597, 2010.
11. M. Balat, *Energy' Exploration and Exploitation*, Vol. 25, p. 195-218, 2007.
12. Biofuels Platform, Production of Biofuel in the EU. Biofuels Platform,

Lausanne, <http://www.biofuels-platform.ch/en/infos/eu-bio-ethanol.php>.

13. M. Balat, and H. Balat, *Applied Energy* Vol. 86, p. 2273-2282, 2009

14. Status Report Biodiesel, Biodiesel Production and Marketing in Germany 2005, Union for the Promotion of Oil and Protein Plant, Berlin, Germany 2005.

15. M.F. Demirbas and M. Balat, *Energy Conversion and Management*, Vol. 47, p. 2371-2381, 2006.

16. W.D. Walls, F. Rusco and M. Kendix, *Energy Policy*, Vol. 39, p. 3999-4006, 2011.