§3.

Биобутанол в контексте зелёной химии.

3.1.

Что такое биобутанол и его получение.

**Бутиловый спирт (бутанол) C4H9OH - бесцветная жидкость с характерным запахом сивушного масла. Биобутанол- ядовитое вещество.** Сырье для производства бутанола: Бутиловый спирт (бутанол) как и этиловый спирт (этанол) может быть получен:
• путем переработки сахара или крахмала с/х растительных культур (биобутанол I поколения);
• путем переработки целлюлозы растений (биобутанол II поколения);
• путем синтеза химического сырья (бутанол).

Бутанол, произведенный из биомассы, принято называть биобутанолом, хотя он имеет абсолютно те же характеристики, что и бутанол, полученный из нефти (химического сырья). Процесс производства биобутанола включает несколько стадий: выращивание растений, их уборка, перевозка на заводы, приготовление сусла, сбраживание, перегонка, обезвоживание, денатурация, изготовление смесей и реализация продукции, а также удаление и переработка отходов производства. Повышение эффективности производства возможно осуществить за счет улучшения сырья, снижения затрат на производство из этого сырья сахара. Главные сложности связаны с тем, что крахмалсодержащее сырье для производства горючего является одновременно и сырьем для производства пищевых продуктов и кормов. За исключением спиртовых заводов, перерабатывающих сахарный тростник, на которых волокнистая часть стеблей (багасса) используется как топливо, в широко распространенных процессах получения спирта тратится больше энергии, чем ее содержится в получаемом продукте. Эти проблемы можно решить, если в качестве исходного сырья будет использоваться целлюлоза и удастся разработать новый энергетически более выгодный метод выработки спирта.

Сложность использования целлюлозы заключается в том, что в природном состоянии в клеточных стенках растений она находится в составе нерастворимого комплекса с гемицеллюлозами и лигнином. Кроме того, за счет образования водородных связей отдельные молекулы целлюлозы определенным образом ориентируются относительно друг друга и образуют микрофибриллы, которые в какой-то мере подобны кристаллам, что препятствует действию гидролитических агентов. Даже после исчерпывающего гидролиза веществ растительных клеток дрожжи, которые обычно используются при получении спирта, не способны усваивать пятиуглеродные сахара, уроновые кислоты и фенольные соединения, образующиеся из сопутствующих целлюлозе веществ клеточных стенок растений. Для решения этих проблем, исследования ведутся в нескольких направлениях с использованием как химических, так и биологических методов. Наиболее эффективным считается физический способ - предварительный размол сырья.

3.2.

История биобутанола.

Промышленное производство бутанола началось в 1916 году. Тогда использовался метод ферментации АБЭ (ацетон, бутанол, этанол) с применением бактерии Clostridia acetobutylicum. Этот микроорганизм, который производит ацетон, впервые выделил Хейм Вайцман. Во время I мировой войны Англия обратилась к молодому микробиологу с просьбой передать ей право на производство таким методом ацетона для последующего получения кордита (бездымного пороха). Процесс использовался вплоть до 1920-х годов для получения исключительно ацетона. Однако на каждый литр ацетона во время ферментации получалось дополнительно два литра бутанола. Кто-то однажды взял нитроклетчатку, смешал ее с бутанолом и получил быстросохнущий лак. Через три года автомобилестроение кардинально изменило весь рынок, и к 1927 году основным продуктом АБЭ процесса стал бутанол, тогда как ацетон стал побочным продуктом. Во время II мировой войны бутанол использовался в производстве синтетического каучука.

Таким образом, в первой половине ХХ века биобутанол производился из кукурузы или патоки путем ферментации с помощью бактерий Clostridium acetobutylicum. В результате получался ацетон, бутанол и этанол (отсюда процесс носит название АБЭ). Побочными продуктами ферментации АБЭ являются водород, изопропанол, уксусная, молочная, пропионовая и масляная кислоты, а также диоксид углерода и липиды. Необходимость разделения основных продуктов ферментации и удаления побочных – влияет, в частности, на увеличение себестоимости каждого литра бутанола.

С 1954 года цена нефти стала ниже цены сахара – в связи с тем, что США лишились дешевых поставок сахара с Кубы. В результате на фоне постоянного роста спроса на бутанол ферментационное производство начало сокращаться. В настоящее время бутанол производят из нефти наиболее эффективными методами – гидролизом галогеналканов или гидратацией алкенов.

Сегодня бутанол используется, прежде всего, в качестве промышленного растворителя. Мировой рынок этого продукта оценивается в 350 млн. галлонов в год, из которых 220 млн. галлонов в год приходится на долю США.

3.3.

Биобутанол в качестве моторного топлива.

Применение бутанола: бутанол применяют как растворитель в лакокрасочной промышленности, в производстве смол и пластификаторов, в синтезе многих органических соединений. Может применяться в качестве компонента к традиционным топливам или как самостоятельное топливо для транспортных средств.

Бутанол может заменять бензин в качестве топлива даже в большей степени, чем этанол, благодаря своим физическим свойствам, экономичности, безопасности, а также из-за того, что его использование не требует переделок двигателя автомобиля.

Основной причиной, по которой до недавнего времени никто не знал о бутаноле как об альтернативном топливе, является то, что производство этого продукта никогда не считалось экономически целесообразным. Как было сказано выше, этот продукт используется в основном как промышленный растворитель, цена которого превышает примерно в три раза цену газа. Традиционный процесс ферментации дает с бушеля зерна (35 фунтов сахара) только 1,3 галлона бутанола, 0,7 галлона ацетона, 0,33 галлона этанола и 0,62 фунта водорода. Такое производство бутанола не может конкурировать с технологией производства этанола, которая дает 2,85 галлона продукта на бушель. Прогресс в области биотехнологий позволил превратить кукурузу и другую биомассу в достаточно экономичный источник биобутанола, однако старт промышленного производства увязывается с решением ряда проблем.

По сравнению с этанолом, бутанол может быть смешан в более высоких пропорциях с бензином и использоваться в существующих автомобилях без модификации системы формирования воздушно-топливной смеси.

Бутанол выделяет чистой энергии на рабочий цикл больше, чем этанол или метанол, и примерно на 10% больше, чем бензин.

В связи с получением новых высокоэкономичных технологий производства биобутанола, в настоящее время получаемый из зерна бутанол привлекает все большее внимание специалистов для применения его в качестве топлива. И не исключено, что в ближайшие 10-15 лет этанол утратит пальму первенства.

3.4.

Преимущества биобутанола.

Успех биобутанола обусловливается рядом преимуществ перед этанолом, среди них:

1. Бутанол содержит на 25% больше энергии, чем этанол.

2. Бутанол безопаснее в использовании, поскольку в шесть раз меньше испаряется, чем этанол и в 13,5 раз менее летуч, чем бензин. Упругость паров бутанола по Рейду составляет 0,33 фунта/кв. дюйм, у бензина это 4,5 фунта/кв. дюйм, у этанола – 2,0 фунта/ кв. дюйм. Это делает бутанол более безопасным при использовании в качестве оксигената и не требует особых изменений пропорций смеси при использовании зимой и летом.

3. Бутанол – гораздо менее агрессивное вещество, чем этанол, поэтому может транспортироваться по существующим топливным трубопроводам, тогда как этанол должен транспортироваться железнодорожным или водным транспортом.

4. Бутанол можно смешивать с бензином.

5. Бутанол может полностью заменять бензин, тогда как этанол может использоваться только как добавка к бензину с максимальным содержанием в смеси не более 85% и только после существенных переделок двигателя. В настоящее время в мире преобладают смеси с 10%-ным содержанием этанола.

6. Производство бутанола помогает решить проблемы, связанные с инфраструктурой снабжения водородом.
7. Измененный бутанол имеет более высокий выход энергии (10 Вт-ч/г), чем этанол (8 Вт-ч/г);
8. При горении бутанол не производит оксидов серы или азота, что дает существенную дополнительную выгоду с точки зрения экологии.

Таким образом, биобутанол более экономичен, чем смесь этанола с бензином, он улучшает топливную эффективность автомобиля и увеличивает пробег на единицу расходуемого топлива. Биобутанол получается из того же самого сырья – кукурузы, сахарной свеклы, сорго, маниоки, сахарного тростника, кукурузных стеблей и другой биомассы, что и этанол, но может заменять бензин в равном объеме.