

В поисках биологического топлива: повторит ли Европа результат США?

- Низкие цены на нефть не способствуют разработке биотоплива
- Чтобы остановить глобальное потепление, правительства ставят задачу перейти на использование энергоносителей на биологической основе и других биопродуктов
- Правительства США и стран Евросоюза пытаются спрогнозировать, какое химическое вещество на биологической основе является наиболее перспективным
- Наиболее вероятные кандидаты – янтарная кислота, 1,2-пропандиол, параксилон, глицерин.

Нефть – ресурс ограниченный, и если мы будем продолжать использовать ее, это ускорит глобальное потепление. С тех пор как человечество осознало данный факт, начались поиски альтернативы. Замена нефти сланцевым и природным газом является лишь полумерой, поскольку их запасы не бесконечны, так же, как и любых ископае-

мых энергоносителей. Единственный выход из ситуации – переход на биологическое топливо, не использующее ископаемые ресурсы. Представители промышленности и ученые активно изучают варианты производства топлива на основе биологических ресурсов. При этом ставится цель: цена полученных продуктов не должна превышать стоимость традицион-

ных видов горючего. Однако в конце 2014 г. цена на нефть уменьшилась до уровня ниже USD 70 за баррель и по состоянию на начало 2018 г. так и не повысилась до прежнего уровня. Цены на этилен и пропилен с 2014 по 2016 г. уменьшились практически вдвое. Мрачные экономические перспективы заставили крупных игроков, таких как Braskem и Dow Chemical, приостановить разработку пропилена из биологического сырья. Thyssen Krupp Industrial Solutions в начале 2015 г. остановила работу своего многоцелевого предприятия по ферментации органических кислот, расположенного в г. Леуна (Германия), а затем и вовсе продала его компании EW Biotech.

Во всем мире сложилась неблагоприятная ситуация для химиков на основе биологического сырья, так как они крайне редко могут конкурировать по ценам со своими ископаемыми «сопер-



никами», и повлиять на это не может даже угроза глобального изменения климата. В общем объеме глобального потребления энергии на химическую промышленность приходится 30 %, а выбросы парниковых газов предприятиями химической промышленности составляют 20 %. При этом доля углерода, который в результате становится частью продукции, является крайне малой. Если мы стремимся снизить эмиссию CO₂, то начинать необходимо с уменьшения энергопотребления. Политика многих стран направлена на поддержку развития биотоплива, и поставленные ими цели весьма амбициозны.

Политика в отношении биотоплива в Европе и США

В Европе и США существует консенсус в отношении необходимости разработки руководящих принципов перехода к экономике на основе биологического сырья. Однако подходы к осуществлению изменений весьма отличаются как в смысле стратегий разных правительств, так и законодательных условий.

Европейский Союз ставит такие цели:

- уменьшить количество выбросов парниковых газов на 40 % к 2030 г. (по сравнению с показателями 1990 г.);
- добиться доли возобновляемой энергии в энергопотреблении на уровне 27 %;
- уменьшить потребление энергии на 27 %.

К 2020 г. 20 % химикатов и материалов, изготовленных в Евросоюзе, будут произведены из биологического сырья. К 2030 г. этот показатель планируется повысить до 25 %. В США руководство Biomass Research & Development планирует достичь объемов производства в секторе биоэкономики в размере 1 млрд т. Предполагается, что к 2030 г. 1 млрд т биомассы будет производиться из возобнов-

ляемого сырья. Это станет фундаментом для развития индустрии биопродукции, но основная цель – «К 2030 г. углероды биологического происхождения должны составить 30 % от объема всего топлива на рынках США», то есть стоит ожидать появления биотоплива в форме биодизеля или добавления этанола к бензину.

Какое химическое вещество на биологической основе является наиболее перспективным?

Когда на рынке появляются новые продукты и технологии, возникает естественный вопрос: что же самое лучшее? Для стороннего наблюдателя это может быть проявлением обычного любопытства, но для инвесторов это вопрос прибыли или убытков. Поэтому определить, какое направление является наиболее перспективным, довольно непросто.

В 2004 г. Национальная Лаборатория Возобновляемой Энергии (NREL) США назвала 12 наиболее выгодных химических соединений, которые можно получать из биомассы. Однако с тех пор многое изменилось. Когда в 2016 г. список обновили с учетом последних достижений науки и технологии, в списках 2004 и 2016 гг. совпали всего три позиции: глицерин, параксилон и янтарная кислота.

Евросоюз также пытается разобраться, что же стоит производить из биомассы. Спонсируемый ЕС проект RoadToBio, запущенный в 2017 г., должен к 2019 г. определить оптимальные направления развития европейской химической промышленности. Первым шагом стало составление лонг-листа из 120 перспективных химикатов со степенью технологической готовности (TRL) 6 и выше. Параллельно сугубо с технической точки зрения были проанализированы цепочки создания добавленной стоимости 500 нефтехимикатов. Оказалось, что 85 % этих цепочек имеют точ-

ки входа, позволяющие заменить нефтехимикаты продуктами на биологической основе. Среди заменяемых продуктов наиболее часто упоминают этилен, пропилен и метанол.

RoadToBio анализирует «площадь соприкосновения» между био- и нефтехимикатами

И в отчете NREL, и в проекте RoadToBio усилия сосредоточены на исследовании продуктов с уровнем технологической готовности (TRL) 6 и выше, а это означает, что их производство уже достигло пилотных партий. Кроме того, оба исследования «привязаны» к цепочке создания добавленной стоимости нефтехимикатов. Типичное дерево продукта начинается с дешевого исходного нефтепродукта типа этилена и разветвляется на более дорогие промежуточные полупродукты, такие как полиэтилен, этилен-оксид и винил-ацетат, которые, в свою очередь, имеют самые разные назначения: к примеру, винил-ацетат применяют в производстве как краски, так и адгезивов.

Если химикат можно хотя бы теоретически заменить продуктом биологического происхождения, то в RoadToBio это рассматривают как точку входа. Из 120 химикатов, включенных в лонг-лист для дальнейшего изучения, только 49 имеют точки входа в существующие цепочки создания добавленной стоимости нефтехимикатов, тогда как остальные 71 – это специализированные химикаты. Специализированными являются химикаты, которые не имеют аналогов на основе ископаемого сырья и таким образом предлагают уникальные производственные маршруты. Хорошим примером является молочная кислота в качестве основы для биопластической полимолочной кислоты. В отличие от них химикаты drop-in являются биологическими версиями уже существующих химикатов. Третья группа, умные химикаты drop-in, по

своему химическому составу также идентичны химикатам на основе ископаемого сырья, но имеют дополнительные преимущества по сравнению с обычными химикатами drop-in (например, более быстрый и простой цикл производства или меньшие энергозатраты).

В анализе NREL некоторые продукты, например, этилен и метанол, были сознательно исключены из сравнения, так как им бы пришлось конкурировать с химикатами, получаемыми из природного газа, что нереально. Посмотрим, выберут ли этот путь исследователи из RoadToBio на следующем этапе анализа, когда будут изучать рыночный потенциал специализированных и drop-in химикатов. На данный момент четыре продукта фигурируют как в обоих ТОП-12 списках NREL, так и в числе 49 химикатов с потенциальной точкой входа из списка RoadToBio. Это янтарная кислота, параксиллол, 1,2-пропандиол и глицерин.

Янтарная кислота

На данный момент мировой рынок дикарбоновой кислоты составляет около 50 000 т в год и нацелен на производство специализированных химических продуктов. В повседневной жизни ее используют в чернилах для принтера, где добавление 3 % янтарной кислоты предотвращает смешивание цветов. Но потенциальный рынок значительно больше, и уже сейчас во всем мире создают заводы для ее производства. Succinity, Bio Amber, Myriant и Reverdia строят заводы, имеющие производственную мощность более 400 000 т янтарной кислоты в год. Для ее ферментации используют микроорганизмы *V. succiniproducens*, *E. coli* и *S. cerevisiae*. Компании-производители рассчитывают, что янтарная кислота станет интермедиатом, на основе которого будет производиться гораздо более широкий спектр продукции, чем только

специализированные химические продукты. Гидрирование янтарной кислоты до 1,4-бутандиола и тетрагидрофурана может достичь совокупных рыночных объемов 2,4 млн т в год. Если это осуществится, то одежда из спандекса и полиуретановые матрасы могут стать продуктами на биологической основе. Будущее покажет.

Параксиллол

Его используют для производства терефталевой кислоты и диметилтерефталата, двух составляющих полиэтилентерефталата (ПЭТФ). Параксиллол применяют в основном для производства полиэфиров, предназначенных для производства волокон и пленок. На производство ПЭТФ бутылочной смолы идет 27 %, и именно этому количеству медиа, пишущие о биоэкономике, уделяют наибольшее внимание в последнее время. Основные потребители ПЭТФ – компании Coca-Cola Company, Ford, Heinz, Nike и Procter & Gamble – выделили средства на исследование методов производства ПЭТФ из возобновляемого сырья. Компания Virent разработала гибридную биохимическую и термохимическую технологию переработки биомассы в смесь углеводов, которую, в свою очередь, можно перерабатывать так же, как и углеводороды, полученные из нефтепродуктов. На выставке Expo Milan в 2015 г. была представлена пластиковая бутылка, на 100 % состоящая из биологического сырья. Она была изготовлена из параксиллола, полученного на опытной фабрике, но коммерческое производство планируется к запуску не ранее 2021 г. Micromidas и Anellotech основывают свои химическо-каталитические технологии на целлюлозном сырье, тогда как Biochemtex предпочитает лигнин. Единственной компанией, которая использует ферментацию, является Gevo: сахара из биомассы с помощью дрожжей преобразуют в

изобутан, который затем химическим путем перерабатывают в параксиллол. Однако на данный момент ни одна из перечисленных компаний не имеет мощностей, достаточных для того, чтобы занять существенную долю рынка параксиллола, который оценивают в 65 млн т в год.

1,2-пропандиол

Именно это вещество делает нашу кожу мягкой, а волосы – легко расчесывающимися, если его добавить в молочко для тела или в шампунь. Также у него есть огромное количество других вариантов использования – от кормов для животных до полиэфирных смол, что делает его очень востребованным продуктом с глобальным рынком около 2,5 млн т в год. 1,2-пропандиол также известен под названием «пропиленгликоль» и в настоящее время производится из пропилена в качестве побочного продукта крекинга нефти, поэтому его цена тесно привязана к цене нефти. Из биологического сырья 1,2-пропандиол обычно получают с помощью гидрогенолиза глицерина с катализаторами из смеси металлов, причем формулы катализаторов и условия реакции могут изменяться. Компания ADM (США) производит около 100 000 т 1,2-пропандиола в год, компания Oleon (Бельгия) – 20 000 т в год. У группы компаний Global Bio-Chem в США есть завод по производству 1,2-пропандиола мощностью 200 000 т в год, причем в качестве сырья используется сорбит, получаемый из кукурузы. В результате гидрокрекинга сорбит разделяется на 1,2-пропандиол, этиленгликоль и бутандиол.

Глицерин

Сахарный спирт с одинаковым успехом можно использовать как в молочке для тела, так и в марципанах, чтобы сделать мягкой и нежной кожу и миндальную пасту соответственно. Кроме того, у гли-



церина есть еще 1500 других вариантов применения. В нефтехимии глицерин получают из пропилена, но для нефтехимии это второстепенный продукт. На рынке в основном представлен глицерин, полученный из биологического сырья в качестве побочного продукта производства биодизеля. Для этого растительное масло трансэтерифицируют спиртом; с каждыми 10 т биодизеля производится 1 т глицерина. Объем мирового производства около 2 млн т в год позволяет полностью насытить рынок, поэтому цена на глицерин стабильна и традиционно невысока. С учетом этого в отрасли стараются создать ему дополнительную добавленную стоимость. Глицерин используют в качестве субстрата для ферментационного производства янтарной кислоты, лимонной кислоты, 1,3-пропандиола или биогаза, а также в производстве кормов для

животных. Во всех этих случаях коммерческая выгода от его использования частично подтверждена.

И кто же победил? Совмещение!

Если бы можно было легко спрогнозировать, какой продукт из биологического сырья будет наиболее перспективным, то правительства не нанимали бы легионы ученых и не заказывали бы дорогостоящие исследования. Только время покажет, какой из описанных биохимикатов станет хитом и совпадут ли выводы RoadToBio и NREL. Цены на нефть и правительственное вмешательство – лишь два из множества непредсказуемых факторов в мультипараметрической матрице, которая определяет коммерческий успех химической продукции на основе биологического сырья. Общим для всех четырех

описанных веществ является то, что все они относятся к химикатам drop-in. Они химически идентичны аналогичным продуктам из ископаемого сырья и для их промышленного использования не имеет значения, из чего они были получены – из нефти или из биомассы. При ближайшем рассмотрении становится ясно, что производство перспективных химикатов drop-in является эклектичной смесью химии и биотехнологии. Ферментационные этапы перемежаются химическими преобразованиями. Не имеет принципиального значения, будут ли использованы металлические катализаторы или ферменты – важен результат. Подходят все варианты, если они технически осуществимы и коммерчески оправданы. Производство перестает быть только химическим или только биотехнологическим, новой нормой является совмещение. В поисках «священного Грааля» биотехнологических химикатов побеждают ученые, представляющие все задействованные в процессе дисциплины. Именно они уже научились не ограничиваться строгими рамками только отрасли, в которой работают, и значительно расширили свои горизонты за счет смежных отраслей – в данном случае подглядывать за соседями нисколько не зазорно!

Ведущая тема на выставке АСНEMA 2018 – «Биотехнология для химии» – концентрируется на совместном развитии биотехнологии и химии. Программа конгресса включает презентации на тему новаторских технологий и продуктов, в то время как на выставке представлено оборудование любого масштаба для вышеуказанных отраслей.

Отчеты о тенденциях, представленных на выставке АСНEMA, составляет специализированный международный журналистский коллектив. □

www.achema.de