

Долой МТБЭ — да здравствует этанол?

Спрос на МТБЭ, применяемый для повышения октанового числа моторного топлива, снизится к 2009 году на 33 % — на смену нефтяному бензину придет биотопливо

Ольга Ашпина

Эффективная присадка или экологическая угроза?

Известно, что двигатели внутреннего сгорания прекрасно работают на низших спиртах, а метанол уже применялся как автомобильное топливо. Автомобили, в основном за рубежом, давно заправляют смесью бензина и этанола (синтетического или ферментативного) и называется такое топливо *gasohol* (газохол) — гибрид от слова *gasoline* (бензин) и *alcohol* (спирт). В Италии из оксида углерода и водорода получают смесь спиртов от C1 до C5 и добавляют эту присадку в автомобильные бензины для повышения их октанового числа.

Однако самым эффективным средством долгое время считался метил-трет-бутиловый эфир, называемый во всем мире МТБЭ — соединение с уникальными свойствами:

- Все низшие кислородсодержащие соединения имеют высокое октановое число — до 100 ИОЧ. А у МТБЭ октановое число смешения доходит до 135 ИОЧ, в зависимости от углеводородного состава бензина, к которому добавляется МТБЭ.
- Метанол (CH₃OH) и этанол (C₂H₅OH) прекрасно растворяются в бензине, имеют неплохие октановые числа смешения, но они растворимы и в во-

де. А поскольку в товарных бензинах всегда есть вода, то спирт переходит в водную фазу и с ней отслаивается. В резервуарах при хранении он находится внизу. Чтобы этого не происходило, требуется добавка гомогенизатора, например изобутилового спирта C₄H₉OH, а это удорожает стоимость. С МТБЭ подобной проблемы не возникает, поскольку он растворим только в бензине.

- Низшие спирты имеют значительно более низкую, нежели бензин, теплоту сгорания. Это значит, что запас топлива в баке автомобиля должен



быть увеличен или же надо больше времени тратить на заправку. МТБЭ имеет равную с бензином топливную характеристику. Кроме того, наличие в нем кислорода существенно улучшает процесс сгорания топлива в цилиндрах, повышая экономичность двигателя и снижая содержание в выхлопах продуктов неполного сгорания.

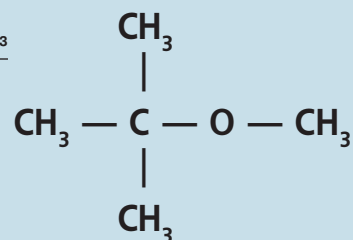
К тому же технология производства МТБЭ чрезвычайно проста. Его получают в одну стадию, присоединяя метиловый спирт CH₃OH к изобутилену (2-метилпропену) C₄H₈. При этом не требуется ни высоких температур, ни высоких

Метил-трет-бутиловый эфир — CH₃OC(CH₃)₃

Физические свойства:

температура кипения 54–55 °С при 764 мм рт. ст.; d₂₀ 0,7578; n_{20D} 1,37566; не растворим в воде. Получают МТБЭ при взаимодействии метанола (более 30 % мирового потребления) с изобутиленом в присутствии кислых катализаторов (например, ионообменных смол). В качестве изобутиленосодержащего сырья используются C₄-углеводородные фракции самого разного происхождения: дегидрирования изобутана, каталитического и парового крекинга (как после выделения бутадиена, так и в его присутствии), олигомеризации легких углеводородов.

Применяется МТБЭ в качестве добавки при производстве неэтилированных (экологически чистых) высокооктановых бензинов.





давлений. Реакцию осуществляют на специальном катализаторе (чаще всего это ионообменные смолы) с высокой селективностью и почти полной конверсией за проход. Более того, в качестве сырья чаще всего используют не чистый изобутилен, а фракцию C_4 каталитического крекинга, в которой кроме изобутилена присутствуют и *n*-бутилены (1- и 2-бутены) C_4H_8 .

Селективность образования МТБЭ такова, что из смеси углеводородов в реакцию вступает только изобутилен. Тем самым синтез МТБЭ одновременно является и процессом разделения фракции C_4 . Не прореагировавшие *n*-бутилены служат наряду с МТБЭ товарной продукцией установки.

Первые опытные партии МТБЭ появились в Италии еще в 1973 году. Считалось наиболее экономичным добавлять в бензин 5–12 % МТБЭ.

Потребление МТБЭ в США, благодаря поправкам к «Закону о чистом воздухе» (CAAA), резко возросло в начале 90-х годов. Данный законодательный акт предусматривал производство для экологически неблагоприятных районов страны экологически «чистых» видов топлива — бензина с обязательным содержанием оксигената (кислородосодержащая добавка). МТБЭ позволял легко снижать содержание кислорода в

бензине до 2 % и являлся самым экономичным оксигенатом. Однако борьба за чистоту воздушного пространства таким методом обернулась другой напастью: МТБЭ был обнаружен в источниках водоснабжения — именно в тех штатах, которые применяли МТБЭ. В 1996 году особенно пострадали питьевые скважины Санта-Моники.

Сегодня в США семью Буша называют «экологическими террористами № 1», поскольку именно в период правления

Буша-старшего было принято решение по применению МТБЭ, в рамках общеамериканской программы «Чистый воздух Америке».

МТБЭ, будучи эфиром, легко обнаруживался по запаху и вкусу даже в очень малых концентрациях. Пробы, взятые из источников питьевого водоснабжения в Калифорнии, подтверждали присутствие МТБЭ в концентрациях ниже пороговых для вкуса и запаха. Виновниками попадания МТБЭ в грунтовые воды явились подземные резервуары для хранения бензина. В результате утечек из этих резервуаров МТБЭ мигрировал через водные зеркала и попадал в водозаборные скважины. В некоторых научных исследованиях (в частности, в исследовании Калифорнийского университета), противники использования МТБЭ высказывали предположение о возможном канцерогенном воздействии этого оксигената на здоровье человека. Однако, еще в октябре 1998 года Международное агентство по исследованию рака (IARC) при Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) не классифицировало МТБЭ как канцероген. Споры о пагубности воздействия данного продукта продолжают, и власти некоторых штатов США пошли на решительные шаги для предотвращения подобных ситуаций.

В 2003–2004 гг. по распоряжению губернатора Калифорнии применение МТБЭ в бензинах, поступающих в продажу, было запрещено. В прошедшем году на данный шаг решились еще восемь штатов. В ближайшие несколько лет запрет на использование МТБЭ в производстве бензинов до 2014 года введут около 17 американских штатов.

Когда в конце прошлого столетия в США проходили судебные процессы, и нефтяные компании выплачивали миллиарды долларов в виде штрафных санкций, президент Буш понял, что это приведет к экономической катастрофе, ►

Диаграмма 1. Динамика изменения мощностей и объемов потребления этанола в США к 2007 году



встав между судами и нефтяными компаниями, он запретил привлекать последние к ответственности. Правительство выделило свыше 30 млрд долларов на решение вопроса. Исследовательские центры США потратили 1,54 млрд долларов, но не было создано ни одной технологии, которая была бы сертифицирована. Единственное, что было предложено — окисление МТБЭ путем добавления в воду пероксида водорода, но такое решение непригодно для питьевой воды.

Затем изготовителям присадки было выделено 1,7 млрд долларов для перехода на производство других продуктов.

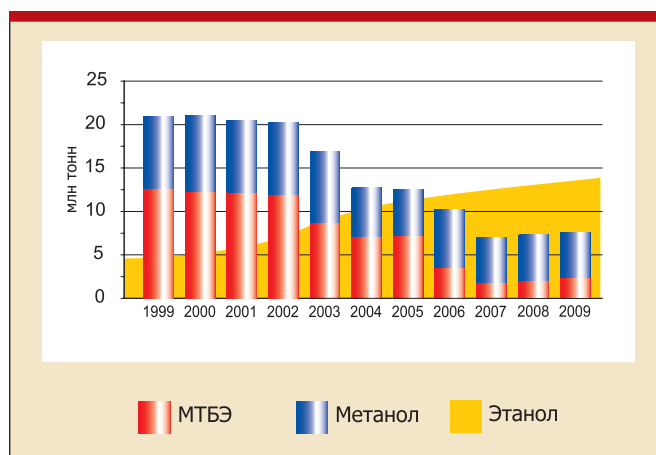
МТБЭ и этанол: спрос и производство

США

Если в 2003 году США потребляли около 7–8 млн тонн МТБЭ в год, то к 2009 году эта цифра снизится в 2,5 раза — до 2–3 млн тонн в год.

Согласно прогнозам СМАИ, на смену МТБЭ в широком масштабе в США придут спирты технического назначения, а именно — этанол. Этанол может

Диаграмма 2.
Динамика изменения спроса на МТБЭ, метанол и этанол в США в 1999–2009 гг.



использоваться в топливе в следующих видах — как чистый продукт, в смеси со стандартными видами топлива, либо в виде эфира (ЭТБЭ — этил-трет-бутилового эфира).

В 2003 году во всем мире было произведено 18,3 млн тонн этанола. Основные производители — Бразилия и США. В 2004 году США потребляли около 9 млн тонн этанола, а к 2009 году эта цифра может увеличиться до 12–13 млн тонн в

год. Если в 2004 г. мощности по производству этанола в США составляли около 14,4 млн тонн/год, около 3 млн тонн — находились на стадии строительства, то к 2006 году мощности могут вырасти до 27 млн тонн/год. Причем, около 97 % мощностей будут основаны на переработке кукурузы.

В связи с этим спрос на МТБЭ в США к 2009 году будет выглядеть следующим образом (см. диаграмму 2).

Таблица 1. Мощности по производству МТБЭ/ЭТБЭ в странах Европы

Страна	Расположение	Продукт	Мощности, тыс. т/год	Страна	Расположение	Продукт	Мощности, тыс. т/год	
Австрия	Schwechat	МТБЭ	65	Литва	Mazeikiai	МТБЭ	80	
Белоруссия	Новополоцк	МТБЭ	41	Нидерланды	Botlek	МТБЭ	591	
Бельгия	Antwerp a	МТБЭ	183		Europort	МТБЭ	98	
	Antwerp b	МТБЭ	204		Geleen	МТБЭ	138	
Болгария	Bourgas	МТБЭ	82		Pernis	МТБЭ	153	
Чехия	Krapuly	МТБЭ	92		Rotterdam	МТБЭ	143	
	Naantali	МТБЭ	110	Польша	Plock	ЭТБЭ	120	
Финляндия	Porvoo	МТБЭ	94	Португалия	Sines	МТБЭ	50	
	Dunkerkerque	ЭТБЭ	65	Румыния	Midia	МТБЭ	35	
Feyzin	ЭТБЭ	84			Onesti	МТБЭ	100	
Fos sur Mer	МТБЭ	612			Pitesti	МТБЭ	40	
Gonfreville	ЭТБЭ	70			Ploiesti a	МТБЭ	20	
						Ploiesti b	МТБЭ	25
Германия	Cologne	МТБЭ	31	Сербия	Novi Sad	МТБЭ	35	
	Heide	МТБЭ	12	Словакия	Bratislava	МТБЭ	52	
	Karlsruhe	МТБЭ	163	Испания	Algeciras	ЭТБЭ	52	
	Marl	МТБЭ	214			Bilbao	ЭТБЭ	74
	Schwedt	ЭТБЭ	80			Huelva	ЭТБЭ	50
	Vohburg	ЭТБЭ	37			La Coruna	ЭТБЭ	52
Wesseling	МТБЭ	65		Puertollano	ЭТБЭ	67		
Греция	Aspropyrgos	МТБЭ	65		Tarragona a	ЭТБЭ	54	
	Corinth	МТБЭ	45		Tarragona b	ЭТБЭ	71	
Венгрия	Szazhalmobatta a	МТБЭ	55	Швеция	Stennungsund	МТБЭ	50	
	Szazhalmobatta b	МТБЭ	53	Украина	Кременчуг	МТБЭ	24	
	Tiszaujvaros	МТБЭ	31	Великобритания	Fawley	МТБЭ	122	
Италия	Gela	МТБЭ	45			Grimsby	МТБЭ	100
	Milazzo	МТБЭ	65			Killingholme	МТБЭ	82
	Priolo	МТБЭ	41	Итого по МТБЭ			4 480	
	Ravena	МТБЭ	133	Итого по ЭТБЭ			876	
Sannazzaro	МТБЭ	41	Итого			5 356		

Источник: Lycopdell EPOA Oyd. (Европа)

Европа

Посмотрим, как развивается ситуация в европейском регионе.

В Европе МТБЭ широко используется уже около 20 лет. После принятия директивы ЕС Directive 98/70/ЕС по защите воздушной среды, МТБЭ был признан наиболее выгодным и подходящим компонентом для производства экологически чистых бензинов.

Производство МТБЭ и ЭТБЭ весьма развито в Европе. В данном регионе (без учета России) расположено 50 производств по выпуску оксигенатов, 29 из которых выпускают именно МТБЭ. Мощности заводов составляют от 15 до 600 тыс. тонн/год.

Годовые производственные мощности в Европе насчитывают около 5,36 млн тонн МТБЭ/ЭТБЭ. В 2003 году в 15 странах ЕС было произведено около 2,6 млн тонн МТБЭ, около 609 тыс. тонн было завезено по импорту и около 539 тыс. тонн — экспортировано. Таким образом, объем потребления составил около 2,57 млн тонн в год.

На сегодня потребление МТБЭ в Европе оценивается в 3 млн тонн в год, что практически равно объемам производства. Однако по прогнозам СМАИ, к 2007–2009 гг. объемы потребления снизятся до 1,3 млн тонн/год. Но Европа будет экспортировать значительные объемы МТБЭ в другие регионы, например, Азию. Некоторые производители, возможно, перейдут на выпуск ЭТБЭ.

Что касается этанола, то достижения Европы более скромные: в 2003 году произведено 309,5 тыс. тонн, что на 2,5 % меньше, чем в 2002 году (317,3 тыс. тонн). Производство этанола в странах ЕС является олигополией — рынок контролируют несколько крупных групп и кооперативов, выпускающих сахар и спирт. Крупнейшими производителями этанола в Европе являются Испания, Польша, Франция, Швеция. Испания, Польша и Франция также занимают лидирующие позиции и в производстве ЭТБЭ.

Азиатский регион

По потреблению МТБЭ в 2004 году азиатский регион (Северо-Восточная и Юго-Восточная Азия вместе) занимали третье место после Америки и Европы, на долю данного региона приходилось около 2,8 млн тонн. Согласно прогнозу, к 2009 году эта цифра вырастет до 3,1 млн тонн/год (прирост составит около 11 %). Динамично развивающемуся региону с каждым годом требуется все больше топливных ресурсов, особенно Китаю. В 2003 году Китай стал третьим крупнейшим потребителем нефтепродуктов в мире, обогнав Японию (четвертое место).

МТБЭ будет удерживать свои пози-

Таблица 2. Спрос на МТБЭ в 2004 году и 2009 году по основным регионам

Регион	2004 г.		2009 г.		Темп прироста 2004–2009 гг., %
	млн тонн	доля, %	млн тонн	доля, %	
Северная Америка	7,9	49,3	2,8	26	-64,6
Южная Америка	0,3	1,6	0,2	2	-16,1
Западная Европа	2,7	16,7	1,3	12	-51,8
Центральная Европа	1,0	6,4	1,3	12	25,8
Северо-Восточная Азия	2,2	13,4	2,5	23	15,1
Юго-Восточная Азия	0,6	3,8	0,6	6	5,9
Африка	0,1	0,8	0,1	1	-16,1
Ближний Восток	1,2	7,7	1,8	17	48,1
Остальные регионы	0,1	0,4	0,1	1	67,7
Итого	16,1	100,0	10,8	100	-32,9

Источник: СМАИ

ции в Китае и Южной Корее до 2007–2009 гг., особенно в Южной Корее. Именно там сосредоточены значительные мощности по производству МТБЭ, а правительство не намерено запрещать его использование.

Китайское правительство в 2001–2002 годах разработало и внедряет программу использования этанола в восьми провинциях на Севере Китая. Несмотря на то, что Китай является третьим крупнейшим производителем этанола в мире (около 3 млн тонн/год), в ближайшее время местные производители не смогут полностью удовлетворить спрос на данный продукт, и значительные объемы будут импортироваться.

На серьезный шаг — прекращение использования МТБЭ в 2004–2006 годах пошло правительство Таиланда — МТБЭ будет заменен на этанол. К 2006 году мощности по производству этанола в данном регионе увеличатся в 33 раза и составят около 1,35 млн литров/год.

По прогнозу компании СМАИ (США), к 2009 году мировое производство МТБЭ (метил-трет-бутиловый эфир) из-за снижения спроса в основных регионах-потребителях — США и Западной Европе — составит около 11 млн тонн. В 2004 году производство МТБЭ составляло 16 млн тонн (см. таблицу 2).

Есть альтернатива

Спрос на топливо во всем мире растет из года в год. В условиях повышения цен на нефть и снижения объемов, разведанных запасов все более востребованными становятся альтернативные разработки, которые еще три года назад казались фантастическими. По мнению аналитиков, от начала промышленного выпуска биотоплива и биодизельного топлива нас отделяют 5–10 лет. Источники полу-

чения данных продуктов — различного вида растительные культуры (сахарный тростник, зерновые, кукуруза), а также животные жиры, отходы лесной и лесоперерабатывающей индустрии и т. п.

Бесспорным лидером в области разработок в данной области являются США. Большинство азиатских стран параллельно с использованием стандартных видов топлива также начинают постепенно переходить на использование биотоплива.

Такие страны, как Малайзия, Индонезия и Филиппины, намерены увеличить производство биотоплива на основе пальмового и кокосового масла. Не остаются в стороне и остальные страны азиатского региона, Ближнего Востока, Африки, Южной Америки.

Достижения Европы в области использования альтернативных видов топлива более скромные. Еще в 2003 году ЕС принял «Директиву 2003/30», которая гласит о том, что страны, входящие в ЕС, должны постепенно расширять и внедрять использование альтернативных видов топлива — биотоплива. Директива носит рекомендательный характер, однако призывает к тому, чтобы к 2005 году доля биотоплива в странах-членах ЕС была увеличена до 2 % (от объема используемых стандартных видов), к 2010 году была доведена до 5,75 %, а к 2020 году — до 15–20 %. Осуществляется поддержка правительств в области налогообложения и субсидий для финансирования работ в данной сфере.

Уже в 2003 году общее производство биотоплива (этанол и биодизель) в Европе (15 стран-членов ЕС) составило около 1,743 млн тонн (по данным EUROPE ENERGY), по сравнению с 2002 годом производство увеличилось на 26,1 %.

За период 1993–2003 годы ежегодный прирост производства биодизельного



Сырьем для производства этанола является биомасса растений: кукурузы, сахарного тростника, сои

▲ топлива составлял 34,5%, и, по сравнению с 1992 годом его производство увеличилось в 26 раз.

Несмотря на то, что кампания по более широкому применению биотоплива в Европе далека от завершения, темпы роста внушают оптимизм. Ожидается, что к 2011 году производство биотоплива в данном регионе достигнет 11 млн тонн.

Цена вопроса

В феврале 2005 году ценовая ситуация на рынках МТБЭ и этанола была следующая:

МТБЭ, долл. за тонну

США	498–524
Европа	465–500
Азия	420–440

Этанол, долл. за тонну

США	503–516
Бразилия	361–421

Аналитики отмечают тенденцию выравнивания цен на МТБЭ и этанол, благодаря различного рода предпочтениям. Этанол уже стал объектом международной торговли: например, Бразилия импортирует этот продукт в США, Индию и ряд других государств. При этом цены на этанол в Бразилии сопоставимы с ценами на МТБЭ в Азии.

Стоимость автомобильного биотоплива бесспорно будет зависеть от страны-производителя, от «калорийности» сельскохозяйственных культур, стоимости рабочей силы, эффективности процесса переработки и т. п. К примеру, этанол в Бразилии стоит дешевле, чем в США: потому что бразильский сахарный тростник более выгоден для производства спирта, чем американская кукуруза. Существует технология, позволяющая производить 1 л биодизельного топлива примерно из 1,2 л соевого масла. Стоимость такого топлива сопоставима со стоимостью бензина.

Не исключено, что цены на топливо в штатах, запретивших использование МТБЭ, вырастут — новые производства потребуют значительных вложений в короткий срок, да и с транспортировкой

и хранением этанола вопросы полностью не решены. Но многие правительства поддерживают производителей и предоставляют льготы и различного рода субсидии.

Таким образом, есть все предпосылки к тому, что МТБЭ к 2009 году утратит свои позиции на топливном рынке, его место займет этанол, причем данный продукт будет рассматриваться не только как добавка к стандартным видам топлива, но и как самостоятельный вид топлива. По прогнозу Международного Энергетического Агентства (International Energy Agency), к 2020 году мировое производство биотоплива увеличится, как минимум, в четыре раза и достигнет 120 млрд л в год, этанол будет играть главенствующую роль. Лидирующие позиции в объемах производства по-прежнему будут занимать США и Бразилия, на третье место может выйти Австралия. К 2010 году мировой автопромышленный комплекс выпустит, как минимум, 2 млн автомобилей, способных работать на спирте и биодизельном топливе.

Ложка дегтя

Однако на фоне всеобщей «этаноловой лихорадки» у биотоплива появились оппоненты. Так, исследователи Корнельского университета и университета Калифорния-Беркли считают производство топлива из растений бесперспективным. По их мнению, на переработку таких растений, как кукуруза, соя и подсолнечник в топливо уходит значительно больше энергии, чем дает полученный в итоге этанол или биологическое дизельное топливо.

«Использовать биомассу растений для производства жидкого топлива невыгодно с точки зрения расхода энергии», — утверждает David Pimentel, профессор экологии и сельского хозяйства Корнельского университета. По его мнению, у подобной стратегии нет перспективы.

Профессор Pimentel и профессор гражданского строительства и охраны окружающей среды из Беркли Tad W. Patzek, провели подробный анализ со-

отношения затрат и выхода энергии при производстве этанола из кукурузы, проса и древесной биомассы, а также при производстве биологического дизельного топлива из сои и подсолнечника. Их отчет опубликован в журнале Natural Resources Research.

В отношении этанола исследование показало, что затраты энергии на его производство превышают энергию полученного топлива:

- на 29 % при использовании кукурузы;
- на 45 % при использовании проса;
- на 57 % при использовании деревянной биомассы.

В случае получения биологического дизельного топлива:

- на 27 % при получении топлива из соевых бобов;
- на 118 % при использовании подсолнечника.

При оценке затрат исследователи принимали во внимание энергию, использованную для производства растений (включая производство пестицидов и удобрений, эксплуатацию сельскохозяйственной техники, полив, помол и транспортировку растений), а также процессы брожения/дистилляции этанола из водной смеси. Кроме того есть и дополнительные затраты, например, федеральные субсидии и субсидии штата, перекладываемые на потребителей, а также расходы, связанные с загрязнением окружающей среды, эти показатели при анализе не учитывались.

Хотя профессор Pimentel выступает в защиту использования горючей биомассы для производства тепловой энергии (например, для обогрева домов), он с сожалением констатирует, что для производства жидкого топлива это сырье не годится. Правительство США тратит более 3 млрд долларов в год на субсидии в данной области, в то время как оно неэкономично, и в конечном итоге ведет к еще большему расходу не возобновляемых ресурсов, считает Pimentel.

«Производство этанола в Соединенных Штатах не идет на пользу энергетической безопасности страны, ее сельскому хозяйству, экономике и окружающей среде, — заявляет Pimentel. — Производство этанола требует большого количества энергии, а потому способствует увеличению импорта нефти и природного газа и росту их дефицита в США». По словам профессора, Америке следовало бы сосредоточить усилия на фотогальванических элементах, энергии ветра, сжигании биомассы, а также на преобразовании водорода.

Россия пока не активизирует разработки по созданию биотоплива, пытаясь определить будущий спрос на этанол и МТБЭ и возможность наращивания мощностей по их выпуску. ■