

УДК 631.1

### БИОТОПЛИВНАЯ ИНДУСТРИЯ США В НОВОМ ВЕКЕ

© 2013 г. **А.А. Коротких\***  
Институт США и Канады РАН, Москва

*Биотопливо – один из наиболее перспективных возобновляемых источников энергии. Основные виды жидкого биотоплива – биоэтанол и биодизель, сырьём для получения которых служат продовольственные культуры. Современные технологии переработки биомассы позволяют получать топливо из растительных «энергетических» культур, а также из отходов сельскохозяйственной, пищевой и лесной промышленности, что снижает риск роста цен на продовольствие на мировом рынке.*

**Ключевые слова:** альтернативные источники энергии, биомасса, энергетическая безопасность, биотопливо, биоэтанол, биодизель.

Ускорение научно-технического прогресса, рост мировой экономики стимулируют потребление традиционных источников энергии, которые стали расходоваться с пугающей быстротой. По данным Министерства энергетики США, потребление всех видов энергоносителей в мире (нефтепродуктов, угля, природного газа, электроэнергии и альтернативного топлива из возобновляемых источников энергии) с 1992 по 2009 г. увеличилось на 40%, при этом мировое потребление нефти и нефтепродуктов выросло почти на треть. Ещё стремительнее растут мировые цены. Если в 90-х годах прошлого века цены на сырую нефть в среднем составляли менее 20 долл. за баррель, то в 2012 г. они колебались на уровне 100–110 долларов.

Пятикратное повышение цен служит ярким примером высокого спроса на нефть, вызванного ростом мировой экономики и, в первую очередь, энергоёмких экономик стран Азии. Так, потребление нефтепродуктов в Индии за этот же период выросло в 2,6 раза, в Китае – 3,3 раза, в США – на 10%. При этом Соединённые Штаты – крупнейший в мире потребитель энергоресурсов. Доля страны в потреблении нефти и нефтепродуктов в 2011 г., по нашим расчётам, сделанным на основании данных Министерства энергетики США, составила 22% мирового уровня [7].

Сегодня две трети разведанных мировых запасов нефти сосредоточены в странах Персидского залива. Это означает, что мир по-прежнему зависит от ближневосточной нефти, и страны-импортёры рискуют оказаться в экономической и энергетической зависимости от ОПЕК. Достоверность данного тезиса

---

\* **КОРОТКИХ Алла Андреевна** – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Центра аграрных проблем ИСКРАН. E-mail: allakort@post.com

подтверждает тот факт, что, например, США закупки нефти у стран ОПЕК за последние 30 лет обошлись в 7 трлн. долларов [3].

В условиях дальнейшей интенсификации экономической деятельности и роста мировых цен на энергоносители замена импортной нефти и других видов минерального топлива на «чистую энергию» с преобладанием возобновляемых энергетических источников – одна из острейших глобальных и региональных проблем.

Не менее важное значение имеет экологическая составляющая перехода на альтернативные источники энергии. Причём её актуальность со временем только возрастает. Если первоначально такой переход рассматривался лишь как один из инструментов сокращения загрязнения окружающей среды, то сегодня глобальное изменение климата со всеми негативными последствиями, включая участвовавшие природные катастрофы, стало реальностью, угрожающей будущему планеты.

Одним из альтернативных источников энергии является **биотопливо, получаемое из биомассы**\*. Современные исследователи видят в биомассе перспективное сырьё для производства топлива, поскольку, во-первых, это возобновляемый источник энергии, которому не грозит истощение, а во-вторых, в силу разнообразия сырьевой базы, его могут производить все страны мира.

Существует два основных вида жидкого биологического топлива: **биоэтанол**, продукт ферментации растительных сахаров, и **биодизель**, изготавливаемый из растительных масел методом этерификации спиртов, обычно метанола.

Биоэтанол производят из крахмалсодержащих растений – крахмал при гидролизе образует сахара, которые затем подвергаются ферментации. В США в качестве сырья используют преимущественно кукурузу, в Бразилии – сахарный тростник.

Для производства биодизеля используют масло, получаемое из рапса, канолы, подсолнечника, сафлора, горчицы, хлопчатника, масличной и кокосовой пальмы, соевых бобов и др. В Европе для этих целей применяют рапсовое масло, в Канаде – масло канолы, в США – главным образом соевое, в Индонезии и на Филиппинах – пальмовое, в Индии – масло ятрофы, в Африке – соевое и масло ятрофы, в Бразилии – соевое и касторовое масло. Кроме того, биодизель вырабатывают из жиров животного происхождения, например, рыбьего, говяжьего и свиного жира, жира домашней птицы, отходов пищевой промышленности (например, отработанного растительного масла) и т.д.

**Биоэтанол** нашёл применение во многих отраслях промышленности\*\*. Однако большая часть производимого биоэтанола (почти 60%) используется как высокооктановая добавка к моторному топливу в обычных бензиновых двига-

---

\* Под биомассой понимают органический материал растительного или животного происхождения, получаемый из сельскохозяйственных культур, травы, деревьев (за исключением долгорастущих) и кустарников, использованного растительного масла и жиров, отходов пищевой промышленности и животноводства.

\*\* Применяется как растворитель в лакокрасочной промышленности, в производстве товаров бытовой химии, служит сырьём для получения многих химических веществ; в медицине используется как обеззараживающее и подсушивающее средство, как растворитель и консервант при изготовлении настоек и экстрактов из растительного сырья; в пищевой промышленности является растворителем пищевых ароматизаторов и необходимым компонентом спиртных напитков (водка, виски, джин и др.).

телях. Его можно использовать в чистом виде, но в адаптированных автомобильных двигателях.

Экологические преимущества данного вида топлива обусловлены более полным сгоранием топливной смеси, снижением в среднем на 30% выбросов окиси углерода и токсичных веществ, на 25% – летучих органических соединений. Последние исследования показали, что уровень выбросов парниковых газов при использовании биотоплива зависит от вида сырья. Так, применение кукурузного этанола снижает этот показатель на 52%, этанола из сахарного тростника – на 78%, целлюлозного этанола второго поколения – на 86% [4]. В США экологический эффект от перехода на биоэтанол в 2005 г. выразился в сокращении выбросов парниковых газов (в CO<sub>2</sub> эквиваленте) почти на 7,8 млн. т, что приравнивается к выхлопам 1,18 млн. автомобилей за год.

Однако есть и минусы. При использовании этанола происходит загрязнение воздуха уксусным альдегидом; из-за чувствительности к воде его нельзя транспортировать по трубопроводам и приходится доставлять водным, автомобильным или железнодорожным транспортом, что значительно повышает расходы на перевозку.

В США топливные смеси этанола с бензином обозначают буквой E, цифра рядом отражает процентное содержание этанола. Например, E85 означает смесь из 85% этанола и 15% бензина. В разных странах содержание этанола в моторном топливе существенно варьируется. Так, в Бразилии используют 24%-ную топливную смесь и 2%-ную добавку этанола в дизельном топливе; в США, Венесуэле, Колумбии, Австралии, Таиланде и Индии – 10%-ную смесь; в Канаде (кроме провинции Манитоба), Аргентине, Новой Зеландии – 5%-ную, в Японии – 3%-ную.

Смеси, содержащие до 20% этанола, могут применяться на любом автомобиле. Более высокая концентрация этанола требуют внесения изменения в систему зажигания автомобиля. Сегодня автомобильные компании выпускают машины, способные работать и на бензине, и на смеси бензина и этанола. По данным Национальной коалиции этаноловых автомобилей (*National Ethanol Vehicle Coalition*), в США число таких гибридных автомобилей в 2005 г. превысило 5 млн. единиц, число моделей – 20, почти треть реализованного бензина в США имела добавку этанола. В 2011 г. последний показатель достиг 90%, а число машин, работающих на топливных смесях, – 9 млн. Ожидается, что к 2035 г. 37% этанола будет использоваться в виде топливной смеси E85, остальные 63% составят E10 и E15.

В некоторых странах всё реализуемое топливо представляет собой смесь бензина с этанолом, например, в Бразилии, где с 1975 г. действует соответствующая правительственная программа.

Производство биоэтанола вносит существенный вклад в экономику. В США в 2005 г. за счёт расширения производства было создано 154 тыс. новых рабочих мест во многих секторах экономики, в бюджет поступило 1,9 млрд. долл. в виде федеральных и 1,6 млрд. долл. в виде местных налогов. Кроме того, производство биоэтанола способствует развитию определённых отраслей растениеводства, поскольку сырьём для выработки этого вида топлива служат кукуруза, картофель, пшеница, сахарный тростник и др. Правительства стран, заинтересованных в развитии производства биотоплива, стимулируют развитие этих отраслей сельского хозяйства. Например, власти США в течение по-

следнего десятилетия для поддержания высокого уровня производства выделили фермерам 7 млрд. долл. в качестве дотаций на выращивание кукурузы, необходимой для изготовления этанола. По оценкам Министерства энергетики, в 2012 г. в США на этанол будет переработано до 40% урожая этой культуры. Таким образом, производство этанола стало третьим по величине потребителем кукурузы после животноводства и экспорта.

**Биодизельное топливо** используется в основном на транспорте. Его применение ведёт к уменьшению выбросов углекислого газа (при сгорании биодизеля выделяется ровно такое же количество углекислого газа, которое было потреблено из атмосферы растением, являющимся исходным сырьём для производства масла, за весь период его жизни). Биодизель почти не содержит серы, при сгорании выделяет меньше сажи, чем обычное дизельное топливо, способен к биологическому разложению: в почве или в воде микроорганизмы за 28 дней перерабатывают 99% биодизеля, что позволяет говорить о минимальной опасности загрязнения почв, рек и озёр. Национальный совет по биодизелю США уверяет, что биодизель на 5% экономичнее, чем традиционное дизельное топливо, а его энергоёмкость на 5% выше.

Применяют биодизельное топливо либо в чистом виде, либо в смеси с дизельным, получаемым из нефти. В США такую смесь обозначается буквой B, а цифра рядом означает процентное содержание биодизеля. В ряде европейских стран, например, в Германии, используют чистый биодизель, во Франции – 5%-ную смесь.

В США наибольшей популярностью пользуется смесь *B20*, которая состоит из 20% биотоплива и 80% дизельного\*. Её используют школьные и рейсовые автобусы, почтовые грузовики, мусоросборщики, армейские автомашины. Грузовой транспорт является основным потребителем смесей с низким содержанием биодизеля – от *B2* до *B5*.

Среди достоинств дизельных смесей можно назвать следующие: биодизель обладает высокими смазывающими свойствами, его применение способствует очищению топливной системы двигателя и увеличению срока службы; чистое биодизельное топливо чувствительно к низким температурам, ниже плюс 10°C, и в холодное время года это топливо, идущее из топливного бака в топливный насос, необходимо подогревать, а при использовании дизельной смеси в такой операции нет необходимости.

В то же время биодизель – это растворитель, и топливопровод и другие детали из натуральной резины изнашиваются гораздо быстрее, особенно в старых моделях двигателей. То есть необходимо применять топливопроводы из материалов, совместимых с биодизельным топливом.

Биодизель используют в 65 странах мира. При этом 54% объёма потребления приходится всего на пять государств: 14% – на Германию, 12 – на Бразилию, 11 – на Францию, 9 – на Италию и 7% – на Испанию. Таким образом, наибольшее распространение биодизель получил в странах ЕС. В Германии,

---

\* Помимо названных форм, использования биодизеля и этанола во многих странах мира применяют и другие топливные смеси. Так, в США и Бразилии используют смесь *O2Diesel*, содержащую 7,7% этанола, 1% цетановой присадки и дизельное топливо. Финская компания «Несте ойл» под торговой маркой *NExBTL* производит смесь биодизеля и водорода, так называемое биотопливо второго поколения.

Таблица 1

**Цены на бензин и топливный биоэтанол в 2010 г., долл./л**

Страна	Бензин	Биоэтанол
США	0,72	0,55
Бразилия	1,63	0,61
ЕС (Роттердам)	1,92	0,82

*U.S. Energy Information Administration // International Energy Statistics*  
(<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1>).

Франции, Испании, Италии на этот вид топлива приходится от 76 до 90% используемого автомобильного топлива. Согласно прогнозам, по данным компании «Аберкэйд» [2], к 2020 г. суммарный объём потребления биодизеля в странах ЕС составит от 7 до 9%. Причём из-за дефицита собственного производства до 10% потребности рынка будет удовлетворяться за счёт импорта.

Одним из решающих факторов, влияющих на перспективы производства и использования биотоплива в мире, является его **ценовая конкурентоспособность**. Динамика цен на традиционные виды топлива и биологическое топливо на рынках основных производителей позволяет надеяться на хорошие перспективы последнего. Например, в 1999 г. разница между себестоимостью производства био- и нефтешизеля составляла 200–250 евро за 1 тыс. л (или 175–220 долл. за 1 тыс. л), а сегодня они практически равны. Рост цен на нефть на мировом рынке сгладил этот разрыв. Учитывая, что одним из направлений научных исследований в области биоэнергетики является разработка конверсионных технологий получения биодизеля непосредственно из семян масличных культур, следует ожидать значительного снижения издержек за счёт технической и технологической модернизации процесса его изготовления.

Что касается биоэтанола, то цены на этот вид автомобильного топлива на рынках ведущих стран-производителей существенно ниже, чем на бензин (см. табл. 1).

**Положение на мировом рынке биотоплива**

Производство биотоплива в мире быстро растёт. Его выпуск за последние десять лет по данным Международного энергетического агентства США (*International Energy Agency*), увеличился в 6 раз, при этом производство биоэтанола выросло в 5 раз, биодизеля – почти в 22 раза. Рост производства ускорился в последние годы, что связывают с ростом мировых цен на нефть (см. табл. 2).

**Биоэтанол** производят в 34 странах мира на пяти континентах. Однако 90% мирового рынка контролируют США и Бразилия. Мировым лидером по объёму производства этанола являются Соединённые Штаты. Из 88 млрд. литров биоэтанола, произведённого в мире в 2010 г., на США приходилось 57% (см. табл. 3). Причём страна – не только крупнейший производитель этанола, но и крупнейший его импортёр. Второе место занимает Бразилия, где отрасль существует с середины 70-х годов. На эту страну приходится треть мирового производства.

Следует заметить, что ведущие позиции на мировом рынке этанола США завоевали лишь в середине первого десятилетия нового века. До этого, начиная с 1980 г., мировым лидером оставалась Бразилия. В 1980 г. уровень производства биоэтанола в Бразилии в 13 раз превосходил этот показатель в США.

Таблица 2

**Мировое производство биотоплива, млрд. литров**

	2000 г.	2003 г.	2005 г.	2007 г.	2009 г.	2010 г.
Биоэтанол	17,4	28,7	36,3	53,5	67,7	88,0
Биодизель	0,9	1,8	4,5	10,5	17,8	19,4

*U.S. Energy Information Administration // International Energy Statistics  
(<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1>).*

Таблица 3

**Мировое производство этанола, млн. л**

	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
США	18448	24629	35141	41311	50225
Бразилия	17724	22506	27058	26044	28140
ЕС-27	1559	1798	2669	3329	3787
Китай	1621	1662	1996	2142	2142
Канада	255	799	870	1157	1389
Таиланд	127	174	331	399	434
Австралия	75	81	145	202	376
Индия	237	260	290	347	289
Колумбия	266	272	255	324	278
<b>Мир</b>	<b>41442</b>	<b>53516</b>	<b>70455</b>	<b>76695</b>	<b>88005</b>

*U.S. Energy Information Administration // International Energy Statistics  
(<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1>).*

История мирового производства **биодизельного топлива** насчитывает всего четверть века. По сравнению с этаноловой индустрией, это – относительно молодая отрасль. Данный факт сыграл не последнюю роль в существующем разрыве в показателях выпуска готовой продукции: современные объёмы производства биодизеля в 4,5 раза меньше объёмов производства этанола.

Однако темпы развития биодизельной отрасли поражают. Максимальный прирост мирового производства отмечен в 2005–2009 гг., в среднем он составлял 2,7 млрд. л в год. В результате такого «биодизельного бума», в 2010 г. объёмы выработки биодизеля превысили 19 млрд. л, а доля в мировом производстве биотоплива увеличилась почти до 20%.

Абсолютным лидером в производстве биодизеля являются страны ЕС. Но ситуация на мировом рынке этого вида биотоплива в последнее десятилетие быстро меняется: на рынок выходят новые страны. Если в начале XXI века 99% мирового производства биодизеля приходилось на ЕС и менее 1% – на США, то в 2010 г. страны Евросоюза производили 55%, Бразилия – 12%, США – 6% мирового уровня (см. табл. 4).

**Страны ЕС** продолжают динамично наращивать производство. С 2000 г. этот показатель увеличился в 12 раз. Для стимулирования производства и потребления биотоплива в 2003 г. Совет ЕС принял новые общеевропейские нормы снижения налогов на биотопливо. Статья 16 нового постановления позволяет (но не обязывает) странам – членам ЕС снижать акцизный сбор на биотопливо по сравнению со ставкой акциза на минеральное топливо. Уровень обложения налогом или его снижения страны устанавливают самостоятельно [6].

Таблица 4

**Производство биодизельного топлива в мире, млн. л**

	2000 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
ЕС-27	876	5566	7056	8732	10095	10639
Германия	249	3011	3300	3192	2606	2837
Франция	342	672	1083	1996	2374	2142
Испания	92	69	203	249	811	926
Италия	92	672	533	760	903	839
Бразилия	0	69	403	1164	1604	2392
США	Н.д.	945	1850	2560	1912	1168
<b>Мир</b>	<b>882</b>	<b>7215</b>	<b>10354</b>	<b>15209</b>	<b>17859</b>	<b>19436</b>

U.S. Energy Information Administration // International Energy Statistics  
(<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1>).

В 2007 г. Еврокомиссия сформулировала новую директиву в сфере производства биотоплива до 2020 г. Доля биотоплива в суммарных объёмах производства горючего к 2020 г. должна подняться до 10% (в 2010 г. – 5,75%). Пути достижения этой цели выбираются каждой страной самостоятельно. В случае активной государственной поддержки отрасли, создания благоприятной инвестиционной атмосферы и системы налогообложения производства этот показатель может оказаться даже выше. По мнению специалистов Агентства по исследованиям в области энергетики и экологии Нидерландов, выпуск биодизеля в странах ЕС к 2020 г. увеличится относительно уровня 2005 г. почти втрое. Более того, несмотря на то, что сегодня в Европе доминирует биодизель, в ближайшей перспективе ожидается динамичное развитие производства биоэтанола, что связывают с применением новейших технологий, упрощающих и удешевляющих его производство.

С каждым годом ряды стран – производителей биодизеля в мире пополняются. Помимо ЕС, Бразилии и США, сейчас относительно крупными производителями этого вида биологического топлива являются Южная Корея с объёмом производства 376 млн. л, Колумбия – 417 млн. л, Китай – 347 млн. л и Индонезия – 463 млн. л в 2010 г. По прогнозам аналитиков компании «Ойл Ворлд», к 2020 г. доля биодизеля в структуре потребления моторного топлива в Бразилии, Европе, Китае и Индии может подняться до 20%.

Таким образом, к концу первого десятилетия нового века мировое производство биотоплива сосредоточилось в трёх центрах: США (50,2 млрд. л этанола и 1,1 млрд. л биодизеля), Бразилия (28,1 млрд. л этанола и 2,4 млрд. л биодизеля) и ЕС (10,6 млрд. л биодизеля и 3,8 млрд. л этанола). Специалисты прогнозируют дальнейший рост производства за счёт увеличения темпов, расширения рядов стран – производителей биотоплива. Уже сегодня крупными производителями биотоплива в мире являются Канада, Малайзия, Индия, Китай, Австралия, Колумбия и Таиланд.

**Производство биотоплива в США**

В США проблема перехода на альтернативные источники энергии особенно остро встала, как известно, во время энергетического кризиса 1970–1980-х годов. В стране были приняты экстренные меры, и наряду с уже дейст-

вующими предприятиями, использующими ветровую, приливную и гелиоэнергию, впервые были построены заводы, на которых кукурузное зерно превращали в этанол.

Стимулирование **производства биоэтанола** было инициировано федеральным правительством для избавления страны от нефтяной зависимости и ослабления контроля стран ОПЕК над мировыми ценами на нефть, а также сокращения масштабов загрязнения окружающей среды. Первоначально это были законодательные акты, регламентирующие использование автотранспорта. Так, закон «Об энергетической политике» (*Energy Policy Act*) 1992 г. предписывал определённым транспортным компаниям, муниципальным транспортным паркам приобретать автомашины с двигателями, способными работать на неуглеродном топливе. В 1998 г. в закон были внесены изменения, позволяющие использовать альтернативное топливо, не покупая специализированную технику. Стандарт Американского общества по тестированию и материалам (*ASTM Standard*), принятый в 2001 г., впервые узаконил топливные смеси из бензина и биоэтанола, а Сельскохозяйственный закон 2002 г. придал строительству заводов по производству биотоплива статус национальной задачи, ввёл льготы на закупку сырья для производства биотоплива, финансирование грантов на исследования в области альтернативной энергетики.

Однако главным инициатором перехода на биотопливо стал президент США Джордж Буш. В подписанном президентом в августе 2005 г. законе «Об энергетической политике» (*Energy Policy Act*) предусматривалась реальная финансовая помощь производителям биоэтанола в виде субсидий и налоговых льгот. Кроме того, в законе была разработана программа стандарта на возобновляемое топливо (*RFS*), где впервые на законодательном уровне устанавливались объёмы производства биотоплива.

Стратегия, направленная на увеличение производства альтернативного топлива, получила продолжение в законе «Об энергетической независимости и безопасности» 2007 г., который предусматривал производство 136 млрд. л этанола к 2022 г. (включая 60 млрд. л из целлюлозы – не пищевого сырья).

По данным на 2011 г., поддержка федерального правительства реализуется в виде налоговых льгот производителям этанола в размере 0,12 долл./л (0,45 долл./галлон), импортных пошлин на этанол – 0,14 долл./л (0,51 долл./галлон), регламента на смешивание этанола с бензином (стандарт *E10*, на который сегодня приходится 99% реализуемого моторного топлива в стране) и снижения на 30% акцизных сборов на топливо *E10* (на региональном уровне – субсидирование производителей этанола в размере от 5 до 10 центов за л), а также в виде различных мер стимулирования разработки автомобильных двигателей, способных работать на топливных смесях *E15* и *E85*, государственной финансовой поддержки научных исследований по поиску альтернативных источников энергии.

Нынешняя администрация США последовательно продолжает стимулировать развитие отрасли. В 2011 г. президент Барак Обама представил новую Стратегию энергетической безопасности США. В ней для сокращения зависимости страны от импорта энергоносителей Белый дом наряду с наращиванием объёмов собственной добычи нефти и газа и увеличением использования газа в транспортном секторе предлагает активнее внедрять биотопливо.



Особый акцент делается на биотопливо следующих поколений. Так, план Обамы по безопасному энергетическому будущему предусматривает инвестировать в ближайшие три года 510 млн. долл. в разработку биотоплива нового поколения для торгового и военно-морского флота, гражданской и военной авиации. Одним из главных стратегических пунктов продвижения «зеленых» технологий является привлечение к этим разработкам и их финансированию частных компаний.

В 2012 г. Министерства сельского хозяйства, военно-морского флота и энергетики объявили о выделении 30 млн. долл. на финансирование исследований по разработке новых технологий производства биотоплива. Министерство энергетики намерено выделить 32 млн. долл. для финансирования исследований по созданию новых, прорывных, технологий получения биотоплива и по снижению себестоимости производства (из них 20 млн. долл. – на строительство заводов, использующих передовые технологии). Бюджет на 2013 г. предусматривает выделить 110 млн. долл. участникам проектов по развитию биотопливной индустрии в США – представителям малого бизнеса, университетам, национальным лабораториям, промышленным компаниям.

Предпринимаемые меры государственного стимулирования дают свои результаты. **Сегодня США – крупнейший мировой производитель биоэтанола.** Объёмы выработки стремительно растут: за последнее десятилетие более чем в 8 раз: от 6,1 млрд. л в 2000 г. до 50,2 млрд. л в 2010 г. По предварительным данным Американского управления по энергетической информации, в 2011 г. этот показатель достиг 52,8 млрд. литров.

Темпы роста производственных мощностей наглядно свидетельствуют о серьёзности намерений правительства и производителей этанола. Если в начале XXI века этанол выпускали 95 заводов, расположенных в 19 штатах страны, то по состоянию на 1 января 2010 г. в стране действовал 191 завод с годовой мощностью 45 млрд. л. Ещё 11 заводов суммарной мощностью 5,5 млрд. л находились в стадии строительства или расширения мощностей. Таким образом, к концу 2010 г. суммарная мощность предприятий биоэтаноловой промышленности США достигала 55 млрд. литров.

Помимо кукурузы этаноловые заводы используют и другие виды сырья, в частности отходы некоторых отраслей пищевой промышленности, лесопиляющих предприятий. Например, в 2009 г. 163 завода работали на кукурузе, 14 заводов использовали кукурузу и сорго, три – отходы пивоваренного и алкогольного производства, четыре завода работали на целлюлозе (древесных опилках, соломе и других отходах растениеводства). Ещё семь заводов, которые работали преимущественно на кукурузе, одновременно в качестве сырья использовали ячмень, сахарную мелассу, кожуру картофеля, крахмал, сырую сыворотку. И что важно – в отрасли нет ни одного завода, работающего на пшенице.

Большинство заводов по производству этанола расположено в зонах выращивания кукурузы (Кукурузном поясе, Северных равнинах, Озёрных штатах и др.). Причём роль этанола в экономике этих штатов чрезвычайно велика. Например, в штате Айова на его производство в 2011 г. было направлено 58% урожая культуры.

Несмотря на значительные объёмы производства, потребности страны значительно превосходят его уровень, и часть биотоплива США импортируют.

Однако объёмы импорта быстро сокращаются. Так, в 2006 г. в страну было ввезено 2,5 млрд. л этанола, причём две трети – из Бразилии, а в 2009 г. импорт не превышал 720 млн. литров.

### **Производство биодизельного топлива**

Американская статистика начинает отсчёт товарного производства биодизельного топлива с 2001 году, когда были выработаны первые 32 млн. л. Сегодня – это динамично развивающаяся отрасль. За прошедшее десятилетие производство биодизеля в США выросло более чем в 100 раз, до 3 660 млн. л в 2011 г. При этом доля биодизеля в потреблении дизельного топлива по-прежнему невелика, всего 1,5% (в 2009 г. – 0,5%).

Основным сырьём для производства биодизеля служит соевое масло. По данным Министерства энергетики, его доля в суммарном объёме сырья, идущего на производство биодизеля, составляет 70%. Ежегодно отрасль потребляет 14% годового производства этого вида растительного масла. Кроме него используют жир, говяжий и куриный, – 12%, кукурузное масло и масло канолы – по 9%.

Расцвет биодизельной промышленности в США пришёлся на 2005–2008 гг., за которые производство выросло в 7,5 раза (см. табл. 5). Главной причиной «биодизельного бума» послужил его экспорт в Европу. О масштабах экспорта можно судить по таким цифрам: из 2 560 млн. л биодизельного топлива, произведённого в США в 2008 г., из страны были вывезены 1 522 млн. л. Тогда почти 80% биодизеля, ввезённого в ЕС, были американскими, т.е. каждый шестой литр. Страны ЕС и сегодня являются крупнейшим мировым потребителем этого вида топлива. Современный уровень потребления биодизеля в ЕС в 6 раз превосходит уровень его производства в США.

В 2009 г. объёмы экспорта в ЕС резко сократились. Одной из причин послужило окончание срока действия в США налоговых льгот на биодизель иностранного производства, предназначенный для экспорта за рубеж, другой – антидемпинговые и компенсационные пошлины на импорт биодизеля из США, введённые Еврокомиссией в 2009 г. В результате за один год американский экспорт биодизеля в европейские страны снизился на 76%.

Период 2009–2010 гг. стал наиболее сложным в истории молодой биодизельной отрасли в США. Снижение экспорта на фоне уменьшения внутреннего спроса на моторное топливо (на 44%) под влиянием экономического кризиса способствовало сокращению производства. К 2009 г. оно уменьшилось до 1 912 млн. л, а к 2010 г. – до 1 168 млн. л, или более чем в 2 раза относительно уровня 2008 г. Более того, экспорт продолжил падение, поскольку вслед за странами ЕС антидемпинговые и компенсационные пошлины ввели Перу (в конце 2009 г.) и Австралия (в конце 2010 г.), которые до этого момента закупали, правда в менее значительных объёмах, биодизель в США. И наконец, в декабре 2009 г. истёк срок действия налоговых льгот производителям биодизеля, предусмотренных программой Министерства сельского хозяйства «Биодизель».

В лучшую сторону ситуация изменилась в конце 2010 г., когда сроки действия налоговых льгот были продлены. Получив финансовую поддержку, производство биодизеля не просто восстановилось, оно за год выросло почти в 3 раза. По предварительным данным, в 2011 г. выпуск биодизельного топлива

в США достиг рекордного уровня – 3 660 млн. л. Теперь отрасль ориентируется, главным образом, на внутренний рынок, хотя ЕС остаётся основным экспортным рынком – на него приходится половина стоимости американского экспорта биодизеля.

Сегодня в стране действует 105 биодизельных заводов общей мощностью 7,9 млрд. л в год. Более двух третей предприятий сосредоточены в штатах Среднего Запада. Наибольшая плотность заводов наблюдается в штатах Калифорния – семь заводов мощностью 344 млн. л, Техас – восемь и 1 241 млн. л, Айова – восемь и 946 млн. л, Иллинойс – шесть и 1 050 млн. л, Миссури – шесть и 416 млн. л, Пенсильвания – шесть и 340 млн. литров.

Современные компании, занятые переработкой биомассы в биодизельное топливо, модернизируют оборудование заводов для использования других видов сырья, чтобы увеличить долю более дешёвых животных жиров, бывшего в употреблении растительного масла. Диверсификация сырья стала важным стратегическим ходом для контроля за финансовыми рисками, поскольку стоимость сырья составляет 80–90% себестоимости производства биодизеля, а цены на соевое масло продолжают расти.

Первоначально интерес к биодизелю в США стимулировал принятый в 1990 г. закон «О чистом воздухе». В 1992 г. фермерами-соеводами был основан Национальный совет развития производства дизеля из сои (*the National Soy Diesel Development Board*), который стал ведущей организацией, занимавшейся научными исследованиями и изучением рынка биодизеля в стране, в 1994 г. переименован в Национальный совет по биодизельному топливу (*National Biodiesel Board*). В том же 1992 г. в США был принят закон «Об энергетической политике», согласно которому для снижения зависимости страны от импорта нефти некоторым государственным автопредприятиям предписывалось перевести транспорт на альтернативные виды топлива. На начальной стадии развития отрасли производством биодизеля занимались заводы фармацевтической компании «Проктер энд Гэмбл».

Важнейшим механизмом стимулирования производства биодизеля была принятая Министерством сельского хозяйства программа «Биоэнергия», по которой министерство субсидировало закупки соевого масла и животного жира, идущих на производство биодизеля. Уровень выплат составил 0,16 долл./л прироста производства относительно уровня прошлого года. Кроме того, по этой программе Минсельхоз, а точнее Товарно-кредитная корпорация, оплачивала производителю биодизеля 40% стоимости сырья. В 2001–2006 гг. на эти цели было выделено около 150 млн. долл. Прямые платежи выдавались только мелким производителям и на определённое сырьё. Общие расходы на поддержку производства биотоплива в 2002–2006 гг. оценивались в 204 млн. долларов [5].

Министерство сельского хозяйства США в 2003 г. начинает реализацию Национальной образовательной программы «Биодизель» с годовым бюджетом 1 млн. долл. Финансовая поддержка оказывалась компаниям, деятельность которых была связана с биодизелем, на обучение, исследовательскую работу, проектирование и внедрение. В программе участвовали компании сельскохозяйственного и автомобильного машиностроения, проектирующие и выпускающие сельскохозяйственное оборудование и грузовые машины, работающие на биотопливных смесях, а также научные учреждения, занятые поиском но-

вых видов сырья для биотоплива. Сегодня эту деятельность поддерживают Национальный совет по биодизелю и Университет штата Айдахо.

В 2005 г. закон «О создании рабочих мест» от 2004 г. ввёл федеральные льготы на биодизельные смеси. Компаниям, смешивающим биодизель с традиционным, предоставлялась налоговая льгота в размере 0,26 долл./л (или 1 долл./галлон) биодизеля, сделанного из растительного масла и животного жира, и 0,13 долл./л (или 0,50 долл./галлон) биодизеля, сделанного из бывшего в употреблении масла. Впоследствии, начиная с 2006 г., условия применения этой статьи были расширены – отменены ограничения на размер компаний, вид используемого сырья и объёмы выпускаемых топливных смесей. Льгота в размере 1 долл./галлон действуют до настоящего времени, заменив собой действие соответствующих статей программы «Биоэнергия».

Многочисленные государственные учреждения – федеральные, штатов, других местных органов власти – следуют примеру федерального правительства. По оценке экспертов, биодизельное топливо используют около 200 автопарков. В их число входит парк машин федерального значения (например, Минсельхоза и Национального парка Йеллоустоун), автопарки, находящиеся в подчинении правительства штатов (например, Министерства транспорта штата Миссури), муниципального подчинения (например, база ВВС Петерсон в Колорадо-Спрингс), автопарки, обслуживающие школы, автопарки коммунальных компаний. Другой пример – город Беркли в штате Калифорния, где 90% транспорта (более 180 машин) работают на чистом биодизеле *B100*.

Среди крупнейших компаний, производящих биодизель, назовем «Энвайронментл продактс» (Айова), «Биодизель индастриз» (Невада), «Коламбус фудс» (Иллинойс), «Гриффин индастриз» (Кентукки), «Стеоран кэмикл компании» (Иллинойс), «Вест сентрел соя» (Айова), «Оумен эйр энвайронментл» (Флорида), «Америкен биофьюэлс» (Калифорния), «Империал вестерн продактс» (Калифорния). Большинство из них являются собственниками перерабатывающих заводов. Несколько химических компаний производят биодизель по контракту с Национальным советом по биодизелю, как например, «Проктер энд Гэмбл», «Корсикана кемикл» и «Соя солюшн». Их суммарная производительность оценивается в 660 тыс. т биодизеля в год [5].

## **Биотопливо второго поколения**

В отличие от биотоплива первого поколения, сырьём для которого служат продовольственные культуры, биотопливо второго поколения должно производиться из широко распространенного сырья не продовольственного назначения. Биоэтанол второго поколения, так называемый целлюлозный, – из биомассы специальных энергетических культур: проса, тростника, сорго, дикорастущих растений и деревьев, древесных отходов, растительных сельскохозяйственных остатков, твердых бытовых отходов; биодизель – из биомассы масличных культур и растений, отходов пищевой промышленности. Таким образом, биотопливо второго поколения будет в значительно меньшей степени влиять на производство продовольственных культур, чем биотопливо первого поколения.

Продолжаются работы по оценке многолетних травянистых культур в качестве потенциального сырья для биотопливной промышленности. Внимание

учёных привлекли люцерна, бермудская трава (*Cynodon dactylon*), слоновья трава (*Miscanthus*), пеннисетум красный (*Pennisetum purpureum*), канареечник трубковидный (*Phalaris arundinacea*) и просо прутьевидное (*Panicum virgatum*). И хотя ни одно из этих растений не может претендовать на роль универсального биоэнергетического сырья, Министерство энергетики сфокусировало внимание на просе прутьевидном, одним из преимуществ которого является высокая урожайность при выращивании на малопродуктивных землях. Растение родом из Северной Америки, а поэтому может произрастать повсеместно, кроме небольшой территории западнее Скалистых гор и севернее 55 параллели. По расчётам, с 1 га проса в среднем можно получить около 9 т этанола, что значительно больше выхода этанола из сахарного тростника.

Ведётся поиск дикорастущих растений, перспективных для использования в качестве сырья в производстве биодизеля. Некоторые из них имеют ряд преимуществ по сравнению с соевыми бобами, включая более высокое содержание масла и приспособленность к суровым климатическим условиям. Так, содержание масла в соевых бобах составляет около 20%, а в катране абиссинском и рыжике оно достигает 30–40%. Кроме того, себестоимость их выращивания существенно ниже, а при возделывании генмодифицированных (ГМ) сортов можно значительно поднять урожайность за счёт увеличения устойчивости к засухе, засолению почв и т.д. Сегодня эти растения в США выращивают, но пока для производства смазочных материалов и пластификаторов.

Проводятся эксперименты с однолетним растением яруткой полевой (*Thlaspi arvense*), которое содержит от 20 до 38% масла и считается сорным, и куфеей (*Cuphea spp*). По некоторым данным, создан ГМ сорт куфеи, масло которой по химико-физическим свойствам близко к дизельному топливу, что даёт возможность отказаться от процесса переэтерификации и существенно снизить себестоимость биодизеля.

Определённые перспективы есть у клещевины, в масле которой содержатся жирные кислоты с химическими характеристиками, в большей степени подходящими для производства биодизеля. Метиловый эфир, полученный из него, обладает более высокими смазочными свойствами, чем такой же продукт из сои или рапса. В своё время клещевина выращивалась в США в промышленных масштабах для получения касторового масла, которое сегодня страна импортирует.

Сейчас в США ведутся работы над биотопливом третьего поколения. Одно из них – биодизель из водорослей, которые оцениваются как дешёвое и высокопродуктивное сырьё для получения биотоплива. Экспериментальным путём установлено, что с одного гектара земли можно получить более 520 л соевого или около 5 тыс. л пальмового масла, а с такой же площади водной поверхности получается до 13,5 тыс. л готового биотоплива. Подсчитано, что пруды площадью 200 тыс. га, размещённые в штатах Калифорния, Гавайи и Нью-Мексико, могут производить сырьё в объёме, достаточном для обеспечения годовой потребности 5% автомобилей США. И займут эти пруды менее 0,1% земель США, пригодных для выращивания водорослей. Уже разработаны технологии выращивания водорослей в малых биореакторах вблизи электростанций. Этой проблемой занимаются компании «Биопетролеум» (при поддержке компании «Шелл»), «Солазим» и др.

В США более 30 компаний занимаются научными разработками и поиском сырья для биотоплива следующих поколений, конверсионными технологиями его производства. В проектах по созданию топлива следующего поколения участвуют такие гиганты, как «Би-пи», «Эксон-мобил», «Шеврон», «Коноко-филипс», «Шелл», «Валеро», а также «Дженерал моторс», «Хантуэлл», «Доу кемикл», «Дюпон». Объёмы выпускаемой продукции у большинства из них незначительные, поскольку работы находятся на стадии экспериментов с различными видами сырья. Большая часть компаний ведёт исследования в области получения этанола из целлюлозы, некоторые компании работают над такими продуктами, как зелёный бензин, зелёный дизель и биобутанол, которые по химико-физическим свойствам ближе к традиционным видам топлива. Исследования направлены на снижение затрат на производство биотоплива следующих поколений за счёт повышения урожайности биомассы, коэффициента и скорости конверсии, ведётся поиск новых возможностей использования побочной продукции.

Одна из основных проблем биотоплива следующего поколения – высокая себестоимость производства. В 2007 г., по оценке МСХ, себестоимость производства целлюлозного этанола составила 0,70 долл./л, тогда как себестоимость кукурузного – 0,43 долл. Для того чтобы биотопливо следующего поколения заняло достойное место в энергетическом будущем США, необходимо снизить этот показатель. Кроме того, по оценкам специалистов Министерства энергетики, расходы на строительство завода по производству такого топлива, включая стоимость земли, оборудования, строительство зданий и сооружений, в 3–4 раза выше, чем на строительство завода по производству биотоплива первого поколения.

Специалисты считают, что, если выпуск биотоплива следующего поколения начнёт расти, роль сельского хозяйства резко увеличится. Данный тезис следует из оценки запасов биомассы, проведённой Министерством энергетики, Министерством сельского хозяйства и Агентством по охране окружающей среды, которая позволяет сделать вывод о том, что из всех потенциальных источников биомассы наиболее значительные объёмы составляет сельскохозяйственное сырьё в виде растительных остатков и энергетических культур.

Однако для фермеров производство специализированных энергетических культур, таких как просо, будет экономически привлекательным только, если фермерские цены на них будут, по крайней мере, соответствовать ценам на самые дешёвые культуры и сельскохозяйственные продукты, например, сено, цена на которое после 2007 г. превысила 110 долл. за 1 т. Новая Программа поддержки производства культур для биомассы по Сельскохозяйственному закону 2007 г. предусматривает помощь производителям в размере до 50 долл. на 1 т биомассы в сухом виде, что усилит привлекательность производства такой продукции и снизит стоимость сырья.

Кроме того, Сельскохозяйственный закон 2007 г. законодательно обеспечивает финансирование научных исследований и разработок в области конверсионных технологий и биомассы; предусматривает введение налоговых льгот в размере 0,26 долл./л (или 1,01 долл./галлон) целлюлозного этанола в 2009–2012 гг. (что более чем вдвое выше налоговой льготы на этанол из кукурузы) и помощь производителям сырья для биотоплива второго поколения.

Значительный вклад в стимулирование производства биотоплива второго поколения внёс закон «Об энергетической независимости и безопасности» 2007 г. Стандарт на возобновляемое топливо (*RFS2*), введённый в 2007 г. этим законом, предусматривает увеличение использования традиционного биотоплива (из кукурузы) и современного биотоплива (этанол из целлюлозы, дизеля на биологической основе и т.п.) до 2022 г. Для расширения производства биотоплива следующего поколения законом предусмотрен 50%-ный амортизационный вычет в первый год работы заводам, производящим целлюлозный биоэтанол. Срок действия – до 2012 года.

Не только Министерство сельского хозяйства, но и Министерство энергетики финансирует проведение исследовательских программ. Оно вложило значительные средства в создание трёх биоэнергетических исследовательских центров в Национальной лаборатории в Окридже, штат Теннесси, в Университете штата Висконсин в Мэдисоне, а также в Национальной лаборатории Лоренса Беркли, штат Калифорния. Значительные средства выделяются на данный проект через другие лаборатории Министерства энергетики, в том числе Национальную лабораторию по возобновляемым источникам энергии в штате Колорадо.

В 2009 г. по закону «Об оздоровлении американской экономики и реинвестировании» в целях ускорения строительства и ввода в эксплуатацию экспериментальных, демонстрационных и коммерческих заводов Министерства энергетики и сельского хозяйства выделили 564 млн. долл. на осуществление 19 проектов в области биотоплива второго поколения. Одновременно МСХ объявило о предоставлении гарантий по кредитам на общую сумму 134,5 млн. долл. компаниям «Сапфар» и «Рэндж фюэлс» по Программе помощи производству биотоплива, предусмотренной Сельскохозяйственным законом 2007 г. Программа призвана стимулировать разработку новых и новейших технологий получения топлива из крахмалосодержащей биомассы, кроме кукурузы, а также строительство новых (или совершенствование старых, жизнеспособных) заводов по производству современного биотоплива.

В общей сложности в 2007–2009 гг. федеральное правительство выделило более 2 млрд. долл. в качестве прямой поддержки частному сектору на производство биотоплива следующего поколения и университетские исследования и разработки, включая проекты по биомассе. Правительства штатов также оказывают финансовую поддержку проектам.

К концу 2012 г. суммарная мощность предприятий по производству биотоплива второго поколения, включая целлюлозное биотопливо, биобутанол и эквиваленты нефти на основе биомассы, составит 1325 млн. л, что в 4 раза больше, чем в 2010 году.

Таким образом, мир вступает в эпоху биоэкономики, основанной на использовании технологий, базирующихся на возобновляемых природных ресурсах. Биоэнергетика становится новым, приоритетным направлением развития сельского хозяйства. При этом роль аграрного сектора в мировой экономике будет возрастать как вследствие необходимости обеспечивать продовольственную безопасность, так и по причине роста спроса на альтернативное возобновляемое топливо. Странам, имеющим достаточно высокий сырьевой потенциал для производства биотоплива, это может дать импульс для оживления эконо-

мики, они получают дополнительную возможность решить свои экономические и социальные проблемы.

Необходимость расширять производство биотоплива в России диктуется не только проблемой загрязнения окружающей среды и удорожанием ископаемых энергоресурсов, но и угрозами глобального изменения климата, сокращением занятости населения, в том числе сельского.

При этом оценить перспективы производства биотоплива в России пока сложно, хотя очевидно, что связь с мировой экономикой не позволит ей остаться в стороне от этой проблемы.

А ведь Россия может стать мировым лидером по производству биотоплива без ущерба для продовольственного рынка. Имея 20% мировых запасов лесов, Россия обладает практически неисчерпаемым источником сырья для производства биотоплива второго поколения – отходами лесной, деревообрабатывающей промышленности. Кроме того, Россия располагает огромным потенциалом сельскохозяйственных земель (2-е место в мире по площади сельхозугодий на душу населения) и могла бы обеспечить производство этанола второго поколения как за счёт использования растительных отходов сельскохозяйственной деятельности, так и за счёт выращивания перспективных энергетических культур.

Однако наладить масштабный выпуск такого топлива в стране мешает сопротивление нефтяных компаний, отсутствие нормативной базы, регламентирующей и стимулирующей производство топливных смесей, неготовность автотранспорта к потреблению подобных энергоносителей по техническим причинам, высокие акцизные ставки, доходящие до 90% себестоимости производства. Согласно действующему законодательству, биоэтанол и топливные смеси с этиловым спиртом облагаются акцизным сбором по ставке 23,05 руб./л [6], что в значительной мере сдерживает развитие внутреннего рынка.

### Список литературы

1. Институт конъюнктуры аграрного рынка (<http://www.ikar.ru/articles/60.html>).
2. Исследования промышленных рынков. Исследовательская компания Abercade (<http://www.abercade.ru/research/analysis/1580.html>).
3. Biodiesel 2020: Global Market Survey. Case Studies and Forecasts. Multi-Client Study. Houston, TX. October 2006. 405 p.
4. Biomass Basics: The Facts About Bioenergy. 2012. U.S. Department of Energy ([www1.eere.energy.gov/biomass](http://www1.eere.energy.gov/biomass)).
5. *Carter E., Ardjosoediro I.* The Biofuel Market 2000 to 2010: Riding Rollercoaster // International Agricultural Trade Report. FAS/USDA. January 2012 ([http://www.fas.usda.gov/cmp/biofuels/History%20on%20US%20Biodiesel%20Mkt%202000-10%20\(Jan%202012\)%20\(2\).pdf](http://www.fas.usda.gov/cmp/biofuels/History%20on%20US%20Biodiesel%20Mkt%202000-10%20(Jan%202012)%20(2).pdf)).
6. *Freidrich Stephan.* A World Wide Review of the Commercial Production of Biodiesel. Institut fur Technologie und Nachhaltiges Produktmanagement. Wien, 2004.
7. U.S. Energy Information Administration. International Energy Statistics (<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/IEDIndex3.cfm?tid=79&pid=79&aid=1>).