
БИОТОПЛИВО И РЕАЛЬНОСТЬ

В.С. Арутюнов

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва

В связи с нарастающим потоком публикаций о потрясающих перспективах широкого внедрения биотоплив, захлестнувшим не только СМИ, но и научные журналы, видимо, настала пора все-таки взглянуть на эту проблему более трезво. Не принижая значения усилий тысяч энтузиастов, пытающихся расширить энергетические возможности человечества и согласовать растущие потребности энергетики с необходимостью сохранения биосферы планеты, необходимо оценить реальные перспективы биотоплив и их место в мировом энергобалансе.

Сейчас в мировой энергетике, почти на 90 % зависящей от ископаемых энергоресурсов — нефти, угля и газа, нарастает ощущение предстоящего кризиса в связи с мощным прессингом быстрорастущего энергопотребления развивающихся стран и уже вполне реальной угрозой близкого спада мировой добычи нефти. Это способствует небывалому всплеску интереса к альтернативным источникам энергии, способным обеспечить ее стабильное производство в течение неопределенно долгого периода времени.

Однако довольно простые оценки, которые еще сорок лет тому назад сделал П.Л. Капица [1], показывают призрачность надежд на возможность обеспечить за счет возобновляемых источников энергии современный уровень энергопотребления развитых стран для всего быстрорастущего населения Земного шара. Ведь все известные нам возобновляемые источники энергии, включая гидроэнергию, энергию, накапливаемую в зеленой массе растений, энергию солнца, ветра, морских приливов и т.п., имеют своим первичным источником энергию падающего на Землю солнечного излучения. Из-за низкой плотности потока энергии солнечного излучения на земной поверхности, всего около $1 \text{ Вт}/\text{м}^2$, получение сколько-нибудь значительных ее количеств, сопоставимых с потребностями мировой энергетики, требует громадных площадей в сотни тысяч квадратных километров. Это соответствует всей территории таких стран, как Франция. Решение подобной задачи существующими и ожидаемыми в обозримом будущем техническими средствами (солнечные элементы) нереально уже только по ресурсным соображениям.

Более реальной и дешевой альтернативой солнечной энергетике, основанной на технических средствах, является использование природных преобразователей солнечной энергии, т. е. зеленых растений. К сожалению, КПД преобразования солнечной энергии зелеными растениями крайне низок, всего около $1 \div 2 \%$. Даже у наиболее высокоурожайных сельскохозяйственных культур, таких как кукуруза, он достигает лишь $5 \div 7 \%$, что значительно ниже, чем у искусственных фотопреобразователей (свыше 20 %). Именно из-за низкой плотности потока солнечной энергии и крайне низкого КПД ее преобразования сельское хозяйство почти во всем мире относится к одной из наименее производительных областей хозяйственной деятельности и поддерживается в значительной степени за счет государственных дотаций и субсидий, т. е. перераспределения средств из других, более производительных областей.

Иногда в качестве аргумента в пользу более широкого использования растительной массы в качестве возобновляемого источника энергии указывают на

огромный, около 800 млрд т, объем биомассы в биосфере. Но, во-первых, ее ежегодно возобновляемая часть составляет только 200 млрд т. А во-вторых, лишь несколько процентов от этого объема может быть изъято из природного оборота без угрозы глобального нарушения процессов в биосфере. Поэтому энергосодержание той части биомассы, которая реально может быть использована в энергетике, существенно меньше мирового уровня потребления ископаемых энергоресурсов — почти 10 млрд т значительно более высококалорийного топлива.

По прогнозам, уже к 2030 г. уровень мирового энергопотребления достигнет почти 0,1 % энергии падающей на Землю солнечной радиации. С учетом низкого КПД ее преобразования зелеными растениями (~ 1 %) и неизбежными потерями при последующем преобразовании в промышленные источники энергии, для полного удовлетворения за счет этого источника потребностей мировой энергетики потребовалось бы использование не менее 10 % земной поверхности. Но согласно оценкам [2], человечество не нарушает равновесие биосферы до тех пор, пока оно поглощает менее 1 % первичной продукции биоты. Уже сейчас потребление чистой первичной продукции биосферы, произведенной на суше, непосредственно в виде пищи, корма для животных и топлива превысило 10 % и продолжает увеличиваться. Таким образом, с учетом реальных потерь, даже использование практически всей доступной продукции биосферы не сможет покрыть текущие, а тем более ожидаемые энергетические потребности человечества. Попытка реализации такого проекта приведет к гибели естественных экосистем и потере равновесия глобальных биосферных процессов. Низкая плотность потока солнечной радиации на земной поверхности и низкий КПД преобразования этой энергии зелеными растениями перечеркивают все надежды на глобальную роль возобновляемой «зеленой» энергетики. Как показали результаты моделирования глобальных процессов развития цивилизации, при современном уровне энергопотребления развитых стран за счет возобновляемых источников энергии на Земле может существовать не более 500 млн человек [3], что в десять раз ниже уже достигнутой численности населения планеты.

Сейчас наибольший энтузиазм в вопросе внедрения биотоплив проявляет администрация США, провозгласившая амбициозную цель — довести в национальном бензиновом пуле долю биоэтанола, производимого в основном из кукурузы, до 12 % и заместить к 2025 г., в основном за счет использования биотоплив, более 75 % нефтяного импорта со Среднего Востока. Предполагается увеличить производство биоэтанола с 5 млрд галлонов в 2005 г. до 60 млрд галлонов в год к 2030 г. В Европе основным транспортным биотопливом является биодизель — продукт переэтерификации метанолом растительных масел и жиров животного происхождения. Из общего объема мирового производства в 2005 г. в 1,7 млн т биодизеля 1,5 млн т было произведено в Европейском союзе, где его получают в основном из рапсового масла.

Строго говоря, биотоплива, получаемые в результате интенсивного сельскохозяйственного производства, не являются возобновляемым ресурсом. Помимо большого объема ископаемого топлива и минеральных удобрений, без которых невозможно многолетнее эффективное возделывание высокоурожайных монокультур, в результате постоянной эрозии расходуется, и довольно быстро, такой практически невосполнимый ресурс, как почва. Технические культуры, в т. ч. кукуруза, приводят к значительно большей эрозии почвы, чем зерновые или фуражные культуры, и резко увеличивают потребление крайне дефицитной воды на орошение. Проведенные в штате Огайо исследования показали, что продолжительное

выращивание кукурузы как монокультуры приводит к девятикратному росту скорости эрозии почвы по сравнению с последовательным чередованием посевов кукурузы и пшеницы [4].

Впечатляющая динамика американского производства биотоплив в последнее время сопровождается нарастающим валом критических комментариев. В одном из своих выступлений президент Национальной нефтехимической ассоциации США отметил, что биотоплива не являются решением энергетических проблем США. Производимый из зерна этанол не является ни экономически, ни энергетически эффективной альтернативой бензину. Замена только 10 % необходимого к 2020 г. США бензина этанолом потребует шестой части всех земель, занятых под зерновые [5].

Уже в 2006 г. для производства этанола было использовано 19 % американского урожая зерна — величина, близкая к объему его ежегодного экспорта [6]. Половина американского урожая кукурузы идет на корм скоту, 10 % используется в пищу, для посева и на технические нужды, а остальное распределяется между производством этанола и экспортом.

Всего под кукурузу в США занято 80 млн акров. Поскольку каждый миллиард галлонов этанола требует переработки урожая с примерно 2,5 млн акров, поставленная администрацией США цель получить к 2012 г. 7,5 млрд галлонов этанола потребует 25 % зерновых площадей США. Если же использовать для производства этанола все производимое в США зерно кукурузы, можно получить 32 млрд галлонов — всего около половины тех 60 млрд галлонов, которые президент Буш поставил целью получать к 2030 г. [7].

Еще больше негативных комментариев вызывает энергетический аспект получения биотоплив. Оппоненты столь широкого внедрения возобновляемых топлив ставят вопрос, действительно ли энергия, поставляемая в виде биотоплив, превышает энергию, затраченную на их производство? По некоторым оценкам, на получение этанола из кукурузы требуется на 29 % больше энергии, чем содержится в полученном топливе. Если использовать в качестве сырья для производства этанола скошенную траву, потребуется уже на 50 % больше энергии ископаемого топлива, чем содержится в полученном топливе [6].

Хотя сторонники биотоплив оспаривают эти оценки, даже по данным явно неравнодушных к этому вопросу экономистов Министерства сельского хозяйства США прибавка в энергосодержании составляет всего 34 %, да и то благодаря последним технологическим достижениям в этой области [6]. Согласно результатам, полученным в Калифорнийском университете в Беркли, энергетический баланс биоэтанола все-таки положителен, но доля возобновляемой энергии, полученной за счет энергии Солнца, составляет всего от 5 до 26 %. Остальное покрывается за счет энергии ископаемых топлив. Если принять среднюю величину 16 %, то декларированная к 2015 г. 15 %-ная добавка биоэтанола к бензину обеспечит в нем долю возобновляемой энергии всего 2,4 %. Этот вклад возобновляемой энергии будет «сьеден» всего за три года общим ростом потребления бензина за счет роста населения [8].

И это помимо того, что растущее производство зерна влечет множество других отрицательных с точки зрения сохранности окружающей среды явлений, в частности, уже упоминавшиеся усиление эрозии почвы, увеличение потребления азотсодержащих удобрений и расхода воды. Есть данные, что кукурузное и рапсовое топлива создают на 50÷70 % больше парниковых газов, чем традиционный бензин и дизтопливо. А ведь повышение эффективности использования традицион-

ного бензина всего лишь на 3 % привело бы к экономии большего количества углеродного топлива, чем использование всего рекордного по объему мирового производства этанола 2006 г. [6].

Ситуация с биодизелем аналогична. В 2006 г. США потребили 50 млрд галлонов дизтоплива, из которых только 25 млн галлонов, т. е. 0,05 %, составлял биодизель. Хотя преимущества биодизеля расписываются в массе статей в популярной прессе, почти никто не анализирует потенциал его производства. Единственный реальный источник производства биодизеля в США — это тот объем масличных культур, который сейчас идет на экспорт. Этот объем, прежде всего соя, может обеспечить годовое производство всего около 40 млн баррелей биодизеля, или 0,5 % американского потребления нефти. Расширение посевов сои нереально, т.к. она растет в тех же штатах, в которых выращивают кукурузу для производства этанола, и из-за возникшей конкуренции ее посевы, наоборот, сокращаются. Даже если бы удалось собрать всю сельхозпродукцию США, которую можно превратить в биодизель, включая все сельскохозяйственные отходы, содержащиеся в ней энергия соответствовала бы всего 7,4 % первичного потребления энергии в США. Реальный объем энергии, который мог бы быть получен из этой продукции, значительно ниже [4].

Сомнителен и экономический аспект производства биотоплив. Каждый процент биодизеля, добавленного к обычному дизтопливу, увеличивает стоимость галлона топлива на 1 цент. В [9] сообщается, что затраты на производство этанола из кукурузы в два раза превышают стоимость полученного топлива. Производство биотоплива в США и Европе неубыточно для производителей только за счет серьезных налоговых льгот. Только это позволяет данному топливу конкурировать на рынке с нефтяными топливами. Налоговое ведомство США предоставляет налоговый кредит в размере 0,51 долл./галлон для производителей содержащих этанол смесей, а также ряд других льгот производителям и импортерам этанола и бензино-этанольных смесей.

А на горизонте уже серьезный кризис в сфере производства продуктов питания, вызванный растущим производством биотоплив. В 2005 г., когда всего 14 % урожая зерна было использовано для производства этанола, это вызвало резкий скачок цен на зерно. В январе 2007 г. контрактные цены достигли 4,04 долл./бушель, хотя годом раньше они составляли всего 2,08 долл./бушель [4]. Информационное агентство США в области энергетики (US Energy Information Administration — EIA) прогнозирует, что планируемое увеличение в 12 раз производства биоэтанола и биодизеля за период 2005 — 2025 гг. вызовет повышение цен на зерно до 6,25 долл./бушель. В отсутствии потребления зерна на эти цели его прогнозируемая цена составляла бы всего 3 долл./бушель.

В этой связи оппоненты справедливо указывают и на этическую сторону вопроса получения биотоплив. Более 2 млрд людей в мире испытывают серьезный недостаток продуктов питания. Из-за роста потребности в этаноле и соответствующего роста цен на зерно растут цены и на свинину, говядину, мясо птицы, молоко и т.д. Общий вывод американских оппонентов широкого внедрения биотоплив, резюмированный в [4], — для политиков настало время прекратить притворяться, будто биомасса может внести сколько-нибудь значительный вклад в потребление энергии в США или снижение эмиссии углекислого газа.

Что же является движущей силой столь мощной кампании в пользу биотоплив? В основе американской политики в этой области лежат два очевидных внутри- и внешнеполитических аспекта. Это поддержка (а попросту, дотация)

собственных сельскохозяйственных производителей, представляющих значительную силу в среднеамериканских штатах, и экономический шантаж стран ОПЭК. Угроза была воспринята адресатом достаточно серьезно и уже вызвала ответную реакцию — страны ОПЭК пригрозили резко сократить капвложения в нефтяную отрасль «ввиду неопределенных перспектив с поставками нефтепродуктов из-за роста производства биотоплива в США». Официальный представитель ОПЭК заявил, что усилия западных стран по внедрению биотоплив могут еще более поднять цены на нефть. Комментаторы полагают, что ОПЭК может сократить инвестиции в нефтедобычу в качестве политического ответа на усилия нефтепотребляющих стран в области биотоплив [10]. Это перекликается с озвученными недавно В.В. Путиным требованиями долгосрочных гарантий для экспортёров энергоресурсов, аналогичных тем, на которых до сих пор настаивали импортеры. Но, скорее всего, с обеих сторон это не более чем дипломатическая игра, т.к. ведущие участники мирового нефтяного бизнеса прекрасно понимают отсутствие в современных условиях реальной альтернативы нефти.

В заключение стоит сказать несколько слов о перспективе производства биотоплив в России, поскольку волна зарубежной активности в этой области доказалась и до гораздо менее благоприятных для сельскохозяйственного производства просторов нашей родины. США, являющиеся крупнейшим мировым производителем и одновременно крупнейшим мировым экспортером сельскохозяйственной продукции, могут позволить себе выделить часть ресурсов сельскохозяйственной продукции для переработки в биотопливо. Для России ситуация прямо противоположная. Мы пока не в состоянии полностью обеспечить собственные потребности в продовольствии и, видимо, являемся одним из крупнейших мировых импортеров сельскохозяйственной продукции. Поэтому у нас есть множество более прямых и действенных методов для государственной поддержки национального сельского хозяйства. Проблему же снижения зависимости России от нефтяного импорта пока, видимо, можно серьезно не рассматривать.

В целом, когда минует ажиотажный бум, биотопливо, так же как и солнечная энергетика, займет соответствующее место в мировой энергетике, которое, скорее всего, не превысит нескольких процентов в мировом энергобалансе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капица П.Л. Энергия и физика. УФН. 1976. Т. 118. № 2. С. 307.
2. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивой жизни. М.: ВИНИТИ, 1995. 470 с.
3. Mouseev H.H. Сочинения: В 3 т. М.: Изд-во МНЭПУ, 1997. Т. 3. С. 92.
4. Anthrop D.E. Oil & Gas J. 2007. 5 Feb. P. 25—29.
5. Oil & Gas J. 2006. 13 Nov. P. 29.
6. Johnson J. Oil & Gas J. 2007. 1 Jun. P. 19—21.
7. Johnson J. Oil & Gas J. 2006. 4 Dec. P. 57—62.
8. Farrel A.E., Plevin R.J., Turner B.T., Jones A.D., O'Hare M., Kammen D.M. Science. 2006. Vol. 311. No. 5760. P. 506—508.
9. Паничева Е.С., Пожарнов В.А. Энергия. 2005. № 6. С. 10—19.
10. Oil & Gas J. 2007. 25 June. P. 19.