

ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ БИОТОПЛИВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РОССИИ¹

В условиях высокого уровня цен и тарифов на традиционные энергоносители, возникает вопрос о целесообразности использования в сельскохозяйственном производстве как традиционных, так и альтернативных видов энергоресурсов (в частности, биотоплива)

Переход к рыночной экономике в 1990-е годы сопровождался интенсивным спадом производства продукции и резким сокращением потребления традиционных видов энергоносителей (электроэнергии, автомобильного бензина и дизельного топлива) в сельском хозяйстве России. В 1999 г. по сравнению с 1990 г. потребление в стоимостном выражении сократилось по электроэнергии и дизельному топливу в 4,0 раза, автомобильному бензину – в 6,3 раза [1].

Несмотря на то, что производство продукции сельского хозяйства в сопоставимых ценах 2002 г. устойчиво росло, начиная с 1999 г. снижение потребления энергии происходило и в последующие годы. После 1999 г. годовое потребление дизельного топлива и автомобильного бензина практически менялось очень мало, а потребление электроэнергии до 2005 г. продолжало падать (табл. 1, рис. 1).

Дальнейшее сокращение потребления дизтоплива, бензина и электроэнергии было вызвано ростом цен на горюче-смазочные материалы и тарифов на потребляемые сельским хозяйством электроэнергию и газ. Более высокие темпы роста цен на потребляемые энергоресурсы по сравнению с ценами на реализуемую сельскохозяйственными организациями (СХО) продукцию приводят к усилению диспаритета цен и снижению рентабельности производства.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (проект РГНФ 08-02-00431а).

Таблица 1

Потребление сельскохозяйственными организациями энергии
на производственные нужды в 1991-2005 гг.

Показатель	1991	1992	1993	1994	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Электроэнергия, млрд кВт ч	70,5	69,9	69,2	61,4	53,0	30,2	25,4	22,7	20,3	19,0	16,9
%	100,0	99,1	98,1	87,1	75,2	42,8	36	32,3	28,8	26,9	24,9
Дизельное топливо, млн т.	19,4	16,5	12,8	7,8	7,1	5,0	5,0	4,7	4,9	4,9	5,1
%	100,0	85,0	65,9	40,2	36,6	25,7	25,7	24,2	25,2	25,2	26,5
Автомобильный бензин, млн т.	10,6	9,4	6,2	3,7	3,3	1,8	1,7	1,8	1,8	1,9	1,7
%	100,0	88,6	58,5	34,9	31,1	16,9	16,0	16,9	16,9	17,9	16,0

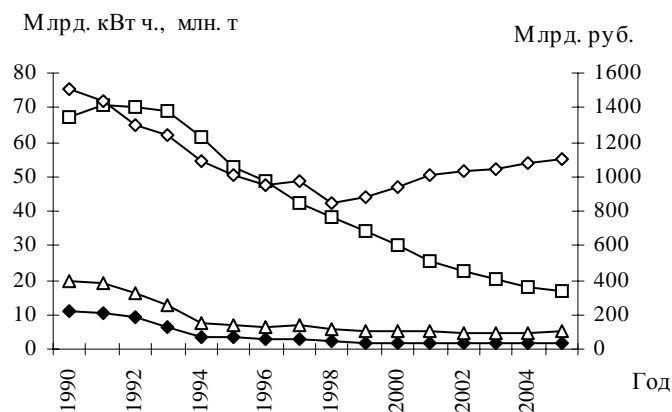


Рис. 1. Потребление энергоресурсов и производства продукции сельскохозяйственными организациями:
 -□- электроэнергия; -◆- автобензина; -△- дизельного топлива;
 -◇- производство продукции сельского хозяйства

При различных прогнозных оценках потребления традиционных видов энергоносителей сельхозорганизациями, полученных при помощи различных методов и моделей (авторегрессии и скользящего среднего – модель ARIMA, технологий SDWT (stationary discrete wavelet transform) - стационарного дискретного вейвлет преобразования), а также полученных оценках темпов прироста производства продукции сельского хозяйства до 2030 г. (на основе систем опережающих индикаторов для России) были получены следующие усредненные прогнозные значения на период 2010-2030 гг. (табл. 2). Как видно из данных табл. 2, в 2030 г. уровень потребления электроэнергии в СХО не достигнет уровня потребления электроэнергии в СХО 1991 г.

В связи со сложившейся ситуацией на рынке энергоресурсов, предназначенных на производственные нужды в сельском хозяйстве России, целесообразно смешанное использование как традиционных, так и альтернативных источников энергоносителей для значительного снижения издержек сельхозпроизводства.

В настоящее время в стадии коммерциализации находится несколько технологических процессов, направленных на получение

биотопливных материалов для автомобильного транспорта, сельскохозяйственного производства, получения электроэнергии и тепла:

- биоэтанол из крахмалосодержащего сырья;
- биодизель на основе использования растительных масел;
- биогаз из различных отходов органической природы;
- биобутанол – процесс получения смеси ацетона и бутанола на основе использования зерна.

Таблица 2

Прогнозные оценки потребления традиционных видов энергоресурсов в СХО в 2010- 2030 гг.

Год	Темпы прироста, %	Производство СХ, млрд. руб.	Потребление дизельного топлива, млн. т	Потребление автомобинна, млн. т	Потребление электроэнергии, млрд. кВт-ч.
2010*	3,3	1292,2	9,3	4,7	19,9
2015	3,9	1564,6	11,4	6,1	24,1
2020	3,8	1885,3	13,8	7,8	29,0
2025	3,8	2271,8	16,8	9,8	34,9
2030	3,8	2737,5	20,5	12,3	42,1

* 2010 - по отношению к 2005 г.

В ряде стран-лидеров по производству альтернативных энергоресурсов (Бразилия, США, Канада, Китай, Индия и Западная Европа) существуют специальные правительственные программы по переходу на биотопливо и доведению в 2010-2012 гг. доли производства и потребления биотопливных материалов до 5-7 % в топливно-энергетических балансах вышеупомянутых стран [2].

Согласно прогнозно-аналитическим расчетам Международного Энергетического Агентства (International Energy Agency, IEA) производство биоэтанола и биодизеля в США, Канаде, Европейском Союзе и в других странах, подписавших Киотский протокол

по выбросам парниковых газов в атмосферу, будет неуклонно расти до 2020 года (рис. 2). При этом будет расти и спрос населения на биотопливо [3, 4].

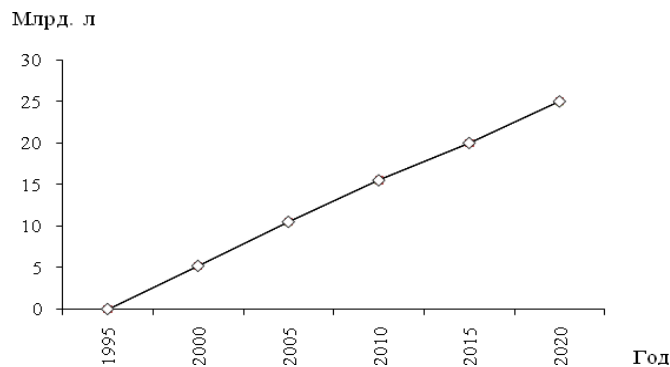


Рис. 2. Мировое производство биоэтанола и биодизеля до 2020 г.

Основным поставщиком сырья для производства биоэтанола в России является сельское хозяйство. Например, потенциальным источником сырья для производства биоэтанола в России являются выведенные из сельхозоборота пахотные земли (табл. 3, 4). Переработка органических отходов необходима также в целях защиты окружающей среды. При переработке органических отходов можно получить твердое, жидкое или газообразное топливо, электрическую и тепловую энергию и высокоэффективные органические удобрения (после вторичной переработки остатков). Учитывая, что до 70% территории России, в том числе около 30-35% крестьянских хозяйств, не имеют постоянного централизованного энергоснабжения [1], создание безотходных предприятий АПК существенно повысит энерговооруженность страны.

Развитие данной отрасли энергетики в России связано с тремя основными условиями: создание высокорентабельных промышленных технологий, пригодных для любых климатических условий; производство эффективного и надежного оборудования, востребованного на внутреннем рынке; наличие масштабной сырьевой базы.

Таблица 7

Основные показатели деятельности сельскохозяйственных организаций

Показатель	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	1. Сельскохозяйственные угодья, млн. га	154,1	152,4	149,2	154,8	152,7	149,7	146,1	142,6	140,2	134,8
2. Посевная площадь, млн. га	86,2	82,8	78,8	76,7	73,0	69,1	66,1	64,6	58,5	53,4	51,4
3. Валовой сбор продукции растениеводства*, млн. т	81,7	81,4	93,5	58,4	69,4	75,6	88,4	89,0	74,5	80,8	78,0
4. Поголовые скота, млн. голов	57,5	46,5	39,0	33,8	33,0	30,5	29,6	29,5	27,0	24,2	25,1
5. Поголовые птиц, млн. голов	260,0	249,0	215,0	215,0	208,0	205,0	206,0	217,0	218,0	223,0	241,0

* Учетные данные по величине розет, ячеек, зёрок и т.д. в масштабах федеральных, региональных, муниципальных, городских, сельских, фермерских хозяйств.

Таблица 4

Показатели производства машинных культур в России

	2015 г.			до 2008 г.			2018 - 2012 гг.		
	Посевные площади тыс. га	Урожайность ц/га	Валовой сбор тыс. т	Посевные площади тыс. га	Урожайность ц/га	Валовой сбор тыс. т	Посевные площади тыс. га	Урожайность ц/га	Валовой сбор тыс. т
Подсолнечник	5546	12	6441	5200	14	7280	4800	15	7200
Рапс	244	13	303	1000	13	1300	2250	20	4500
Соя	720	11	689	800	12	960	1100	20	2200
Всего	6510		7433	7000		9540	8150		13900

Потенциальной ресурсной базой органических отходов АПК по отчетным данным региональных и окружных комитетов являются отходы птицеводства (яичного и мясного направлений), скотоводства (крупного и мелкого рогатого скота), свиноводства, растениеводства (зернобобовых, подсолнечника, сахарной свеклы, картофеля, овощей), перерабатывающей промышленности (мукомольной, масложитной, сахароварения, переработки мяса, спиртовой) [7].

Общее количество органических отходов АПК на начало 2006 г. по данным [7] достигло 624,2 млн. т (из них - 225 млн. т сухих веществ – с.в.) с общим валовым энергосодержанием 80,6 млн. т условного топлива (у.т.). Отходы птицеводства составили 23,1 млн. т (5,8 млн. т с.в.) с энергосодержанием 1,5 млн. т у.т., животноводства – 349,7 млн. т (58,3 млн. т с.в.) с энергосодержанием 17,5 млн. т у.т., растениеводства – 222,2 млн. т (147 млн. т с.в.) с энергосодержанием 54,1 млн. т у.т., перерабатывающей промышленности – 29,2 млн. т (14 млн. т с.в.) с энергосодержанием 7,3 млн. т у.т.

Данные отходы используются при переработке их в биогаз, пиллеты, синтез- газ, биоводород и биоэтанол. Из 75 млрд. куб. м биогаза можно получить 150 млрд. кВт·ч электрической и 150 Ркал. тепловой энергии в год. Для обеспечения сельских подворий электроэнергией (3 кВт·ч /чел в сутки) необходимо вырабатывать 42,7 млрд. кВт·ч в год, что втрое меньше возможного производства электроэнергии из биогаза [7].

Второе по значимости место мы отводим производству пиллет и газификации – пиролизу, далее идет получение этанола из отходов сахарной промышленности. Для производства биогаза можно использовать все органические отходы АПК. Потенциальный объем этого топлива в год может составить до 75 млрд куб. м с энергосодержанием 59 млн. т у.т., что позволяет заместить до 52 млрд. куб. м природного газа (около 9% от его современной добычи в РФ), до 37 млн. т автомобильного бензина. К слову, ежегодно Россия продает до 26-30 млн. т автобензина, сельское хозяйство потребляет в среднем до 2 млн. т бензина и до 4,8 млн. т дизельного топлива.

Согласно результатам исследований российских специалистов, 1 л бензина или дизельного топлива может быть заменен 1 куб. м природного газа в сжатом состоянии, что эквивалентно 2 куб. м биогаза. Для нужд транспорта и сельхозтехники необходимо до 16,6 млрд. куб. м биогаза в год (25% его возможного производства) [8]. При использовании когенерационных электрогенераторов из указанного выше потенциального объема биогаза ежегодно можно производить до 150 млрд. кВт·ч электроэнергии и до 150 Ркал тепловой энергии. Переработка отходов растениеводства дает до 135 млн. т пиллет, конвертируемых в 133 млрд. куб. м синтез-газа, из которого в свою очередь можно получить до 69 млрд. куб. м биоводорода [7].

Вследствие экономических реформ общая площадь пашни в стране с 1992 г. сократилось на 37 млн. га, из которых 20 млн. га приходится на европейскую часть [11]. Производство биоэтанола может стимулировать возобновление использования этих земель. К примеру, по расчетам аналитиков из международной биоэнергетической организации, один завод, мощностью 100 тыс. т биоэтанола в год, использует в среднем 300-400 тыс. т пшеницы, для выращивания которой требуется 100-200 тыс. га пахотных земель [9]. Возможно также использование и других видов сырья для выработки биоэтанола, к примеру мелассы. В России ее производится около 1 млн. т ежегодно. В стране хорошие условия для выращивания рапса и производства рапсового масла для биодизельного топлива. АПК России расходует в среднем 4,8 млн. т дизельного топлива. Чтобы «закрыть» эту потребность, необходимо засеять рапсом до 12 млн. га при урожае семян 10 ц/га. При использовании технологии прямого сжигания смеси отходов птицеводства и растениеводства в парогенераторах сельское хозяйство страны может получать 210 млрд. кВт·ч электрической и 151,1 Ркал тепловой энергии в год.

В России были выполнены приоритетные работы по использованию ферментов в качестве катализаторов электродных процессов. Ферменты на границе раздела фаз электрод/электролит играют роль эффективных катализаторов

переноса электрона. На базе этого открытия разрабатываются два типа топливных элементов: ферментный и микробный.

Принципиальной основой электрохимических генераторов электричества (топливных элементов) является электрокатализ – ускорение процессов переноса электронов на границе раздела фаз электронный проводник (электрод)/ионный проводник (электролит). В современных химических топливных элементах электрокатализатором является мелкодисперсная платина. В топливных элементах, использующих ферменты, электрокаталитический перенос электронов осуществляется за счет явления биоэлектрокатализа, открытого в СССР. Ферменты могут ускорять электрохимические реакции за счет прямого «электронного контакта» между активным центром фермента и проводником за счёт туннелирования электрона на большие расстояния.

Биологический топливный элемент (БТЭ) – это устройство, в котором осуществляется превращение химической энергии различных веществ (например, углеводов, спиртов и др.) в электричество в процессе биологических трансформаций. Особая привлекательность БТЭ связана с возможностью использования в них в качестве топлива веществ, являющимися отходами. Это обстоятельство связано с тем, что микроорганизмы или их ферменты способны к деструкции достаточно широкого класса низко- и высокомолекулярных соединений. Таким образом, помимо энергетической, БТЭ способны решать и экологические проблемы утилизации отходов. Биологические топливные элементы можно условно разделить на два класса: ферментные топливные элементы и микробные топливные элементы.

Движущая сила ферментных топливных элементов – это окислительно-восстановительная реакция используемого субстрата (например, углевода или спирта), катализируемая ферментом. Принцип работы достаточно похож на принцип работы БТЭ. Помимо различия в природе катализатора следует отметить, что в ферментном топливном элементе (ФТЭ) условия проведения реакции существенно более мягкие (близкие к нейтральным значениям pH растворов, комнатная температура).

Достаточно перспективными являются микробные топливные элементы - устройства, которые осуществляют превращение биохимической энергии в электричество посредством ферментов, находящихся в живом микроорганизме.

Созданы лабораторные прототипы БТЭ. Показана принципиальная возможность использования в качестве топлив в микробном топливном элементе органических компонентов сточных вод.

Принципиально важным представляется использование БТЭ для конверсии сельскохозяйственных отходов, а также продуктов энергетических плантаций, что может существенно повлиять на общий вклад данной технологии в энергообеспеченность общества.

Проблема, требующая решения на современном этапе – увеличение удельных мощностей преобразователей и технологизация производства электрогенераторов нового типа.

Одним из наиболее эффективных направлений научно-технического прогресса в энергетике является биоконверсия органических отходов промышленности, сельского хозяйства и коммунально-бытового сектора в топливо с целью экономии высококачественных жидких и газообразных энергоресурсов.

На крупных животноводческих комплексах, поставленных на промышленную основу, обеззараживание отходов и их последующее использование превратилось в сложную техническую проблему. Существующая наиболее распространенная система удаления отходов животноводства (внесение их без предварительного обеззараживания в почву) становится практически неприемлемой в связи с возрастающими масштабами загрязнения окружающей среды (воздушного бассейна, естественных водоемов, подземных источников), создания угрозы распространения различных эпизоотий среди животных и в ряде случаев - людей. С другой стороны, животноводческий комплекс с переходом на промышленную основу ведения процесса откорма животных во все более возрастающем количестве нуждается в энергии (прежде всего в виде жидкого или газообразного топлива), проблема снабжения которой из-за

рассредоточенности животноводческих комплексов и их удаленности представляет определенные трудности.

Сооружение биоэнергетических установок (БЭУ), осуществляющих биоконверсию органических отходов путем анаэробной ферментации, позволяет полностью перерабатывать отходы не только животноводства, но и полеводства и коммунально-бытового хозяйства сельских населенных пунктов. При этом в отличие от существующих способов аэробной очистки стоков получают качественные обеззараженные удобрения и биогаз (метан), который позволяет полностью или частично заменить жидкое и газообразное топливо путем использования его в теплогенераторах, печах и двигателях внутреннего сгорания.

К оценке эффективности БЭУ следует подходить с народнохозяйственной точки зрения, когда эффект от экономии органического топлива, повышения урожайности из-за внесения обеззараженного удобрения и улучшения качества окружающей среды оценивается не с позиций отдельного хозяйства, а с учетом интересов всей экономики и общества, для которых энергетическая, продовольственная и экологическая проблемы представляют первостепенную важность.

Оценка эффективности БЭУ сильно зависит от стоимости вытесняемого топлива и сельскохозяйственной продукции, получаемой дополнительно за счет внесения остатка сбраживания отходов в виде удобрений. Чем выше эти показатели, тем более привлекательной будет выглядеть технология анаэробного сбраживания органических отходов. По расчетам при стоимости топлива 250 долл./т у.т.² и продукции 350 долл./т³; срок окупаемости инвестиций не превышает 2-3 лет. При снижении обоих показателей до 100 долл./т у.т. и 100 долл./т продук-

² В 2006 г. средняя по России стоимость 1 т условного топлива была равна: дизельное топливо 294 долл., мазут топочный 109, уголь энергетический 27,2, природный газ 12,1 [11, с. 744]. В перспективе цены на органическое топливо будут только расти.

³ Стоимость 1 т сельскохозяйственной продукции в 2006 г. составляла: зерновые 114 долл., подсолнечник 188, картофель 211, свекла сахарная 44, ягодные культуры 1150, овощи 641, в т.ч. помидоры 1092, огурцы 1192, капуста 200, лук 287 [11, с. 792].

ции срок окупаемости увеличивается до 4-6 лет, а при увеличении соответственно до 500 долл./т – сокращается до 0,5 года.

При оценке возможного вклада технологии анаэробной ферментации в энергетический баланс страны следует учитывать, что для сбора и утилизации доступна лишь часть отходов. В животноводстве утилизация отходов осуществима в основном для животных, содержащихся в течение года в специальных помещениях, т.к. при пастбищном содержании сбор и утилизация отходов практически неэффективны. В жилищно-коммунальном хозяйстве централизованный сбор сточных вод и бытовых отходов пока осуществим лишь в крупных городах. В полеводстве значительная часть отходов употребляется на нужды самого хозяйства в качестве подстилки, строительного материала, кормов.

Литература и информационные источники

1. Арутюнов А.Л. Потребление энергоресурсов в сельском хозяйстве России. *Экономическая наука современной России* № 1(13), 2008. С.48-49
2. *hydrocarbon Processing Journal*. Vol. 85 № 3
3. *International Energy Agency*, www.worldenergyoutlook.org/graphs/
4. *Oil & Gas Journal* / Oct. 8, 2007
5. *International Energy Agency*, www.worldenergyoutlook.org/graphs/
6. *Oil & Gas Journal* / Oct. 8, 2007
7. Панцхава Е., Пожарнов В., Шпилов М. Развитие биоэнергетики в России. *Агро Рынок* № 2, февраль 2007. С. 12-14
8. *Российская Биотопливная Ассоциация*, www.biotoplivo.ru
9. *The Bioenergy International*, www.bioenergyinternational.com (Международная биоэнергетическая организация)
10. Contois D.C.J. *Gen. Microbiol.* 1959. 21, 40.
11. *Росстат, Российский статистический ежегодник, 2007. Москва, 2007.*