

БИОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ В XXI ВЕКЕ

МОСКВА, 2012

Оглавление

1. ВВЕДЕНИЕ	3
2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	3
2.1. Цель и факторы развития биоэнергетики в России.....	3
2.2. Потенциал биоэнергетики и биоэнергетические источники России.....	4
2.2.1. Отходы агропромышленного комплекса России	11
2.2.2. Отходы лесопромышленного комплекса России	12
2.2.3. Быстрорастущие деревья.....	13
2.2.4. Древесные и торфяные пеллеты.....	14
2.2.5. Жидкое биотопливо. Биодизель. Биоэтанол	15
2.2.6. Газообразное биотопливо	17
2.2.7. Электростанции на биомассе	18
2.2.8. Торф – долгосрочный источник сырья для биотоплива в России.....	20
2.2.9. Остаточная нефть.....	20
2.2.10. Побочные продукты при развитии биоэнергетики	20
2.3. Опыт развития биоэнергетики России.....	22
3. Направления развития биоэнергетики в России	25
3.1. Создание сети региональных научно-исследовательских, проектных и производственных Центров БИОЭНЕРГЕТИКИ.....	26
3.2. Развитие сотрудничества с предприятиями жилищно-коммунального комплекса по применению биоэнергетики для переработки коммунальных органических отходов	27
3.4. Разработка регламентов и стандартов для биоэнергетики.....	28
3.5. Подготовка специалистов в области БИОЭНЕРГЕТИКИ.....	28
4. МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ ПО РАЗВИТИЮ ВИЭ И БИОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ КАК СОСТАВНОЙ ЧАСТИ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ.	30
5. Приложение. Технологии биоэнергетики, перспективные для развития в России	33
5.1. ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ БИОМАССЫ В ТОПЛИВО	33
5.1.1. Прямое сжигание	33
5.1.2. Пиролиз	34

5.1.3.	Газификация.....	34
5.1.4.	Сжижение.....	34
5.1.5.	Быстрый пиролиз.....	34
5.1.6.	Синтез.....	35
5.2.	Биоэнергетические технологии.....	35
5.2.1.	Биогазовые технологии.....	35
5.2.2.	Производство этанола.	35
5.2.3.	Биодизельное топливо.....	36
5.2.4.	Экзотермическое окисление.....	36
6.	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	36

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные проблемы энергетики могут быть решены только при рациональном использовании всех существующих на Земле и околоземном пространстве источников топлива и энергии. Среди них биомасса, как постоянно возобновляемый источник топлива, занимает существенное место [1].

Биоэнергетика - фундаментальное и прикладное направление, возникшее на границе современных биотехнологий, химической технологии и энергетики, изучающее и разрабатывающее пути биологической конверсии солнечной энергии в топливо и биомассу и биологическую и термохимическую трансформацию последней в топливо и энергию.

2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

2.1. Цель и факторы развития биоэнергетики в России

Все причины, по которым развитые страны активно работают в области использования БИОЭНЕРГЕТИКИ, распространяются и на Россию. Однако существует специфика, вызванная существующим состоянием экономики и общества. Главная особенность состоит в том, что работы по БИОЭНЕРГЕТИКЕ в России могут быть направлены на решение социальных проблем, снижение уровня безработицы, развитие малого бизнеса, повышение качества жизни населения, уровня образования и культуры. Важное значение имеет *снижение экологической напряженности, существующей в ряде городов, в том числе в зонах отдыха за счет снижения вредных выбросов от энергетических установок*. Решение проблемы состоит в использовании биомассы для производства доступного топлива и энергии: электрической и тепловой. Другой проблемой является *обеспечение энергоснабжения удаленных районов, не подключенных к сетям энергосистем*. В районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири ежегодно завозится 6—8 млн т жидкого топлива (дизельное топливо, мазут) и 20—25 млн т твердого (уголь). В связи с увеличением транспортных расходов стоимость топлива удваивается и составляет, например, в Республике Тыва, Республике Алтай и на Камчатке >350 долл./т у. т. Централизованные системы энергоснабжения охватывают лишь 1/3 территории страны. Надежное энергообеспечение отдаленных районов сложная и дорогая для государства задача.

Цель развития биоэнергетики в России – развитие производства и рынка энергетического оборудования и технологий использования БИОЭНЕРГЕТИКИ для надежного автономного экологически чистого энергообеспечения потребителей за счет экологически чистых местных возобновляемых источников энергии в районах, не подключенных к сетям централизованного энергоснабжения, освоение эффективных

технологий сетевого электро- и теплоснабжения на базе ВИЭ, расширение производства и использования новых видов топлив, получаемых из различных видов биомассы.

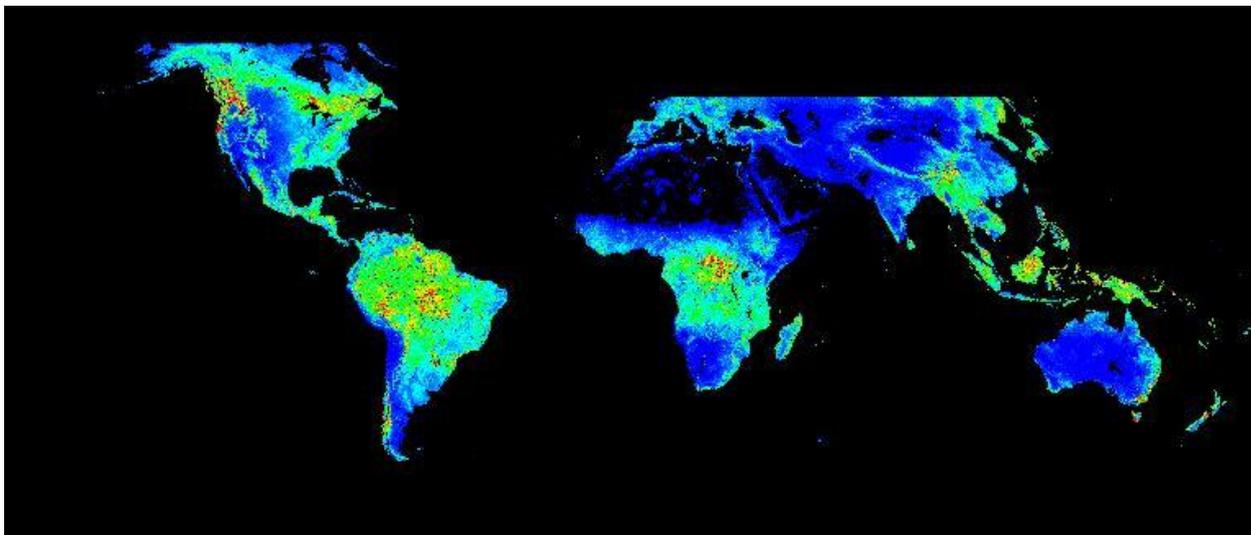
БИОЭНЕРГЕТИКА для России – это создание современных условий труда и быта для 30 млн. жителей сельской местности. Развитие БИОЭНЕРГЕТИКИ означает:

- обеспечение диверсификации топливно-энергетического баланса субъектов РФ за счет увеличения производства электрической и тепловой энергии на базе БИОЭНЕРГЕТИКИ и в конечном счете, повышение ее доли в федеральном балансе производства и потребления электрической и тепловой и первичной энергии страны.
- повышение экологической безопасности в локальных территориях, т.е. снижение вредных выбросов от электрических и котельных установок в городах со сложной экологической обстановкой.

2.2. Потенциал биоэнергетики и биоэнергетические источники России

Ежегодный прирост биомассы на земле составляет 220 млрд. тонн, что позволяет запасать в виде энергии химических связей до 4×10^{21} Дж энергии. Ежегодное мировое коммерческое использование всей энергии составляет 3.9×10^{20} Дж, что в 10 раз меньше запасаемой энергии.

Рисунок 1 - Распределение биомассы в мире (земная биомасса – зеленая окраска) [2]



Энергетическое содержание производимых в мире сельскохозяйственных отходов составляет 93×10^{18} Дж./год. Допуская, что только 25% их реально использовать, отходы могут обеспечить около 7% мировой энергии. Городские твердые отходы (твердые бытовые отходы, ТБО) также могут быть важным источником энергии. Если считать, что, в среднем,

ТБО содержат 60-65% органических веществ растительного и животного происхождения, то по аналогии с фотосинтетической биомассой ежегодное содержание энергии в ТБО может составлять $4-6 * 10^{18}$ Дж.

Практически, все федеральные округа России располагают основными, возобновляемыми источниками энергии (энергия солнца, энергия ветра, малая гидроэнергетика, энергия биомассы, за исключением термальных вод), и имеют потенциально необходимые возможности для создания интегрированных энергетических комплексов для производства тепловой и электрической энергии и моторного топлива для полного обеспечения населения (быт и производство) любым видом топлива и энергии и решения всех социальных проблем сельского населения любого региона России. Эти источники по объему составляют примерно 30% от объема потребления топливно-энергетических ресурсов в России, составляющего 916 млн т.у.т. в год, что создает благоприятные перспективы решения энергетических, социальных и экологических проблем в будущем. Оценка потенциала различных возобновляемых источников энергии в России представлена в табл. 1.

Таблица 1 - Общие данные по валовым ресурсам возобновляемых источников энергии по Федеральным округам РФ

Федеральный округ	ВИД РЕСУРСОВ							Эксплуатационные запасы Термальных вод и парогидротерм Млн. Гкал/год
	Солнечная энергия млрд. ту.т.	Энергия ветра млрд. ту.т.	Малая гидроэнергетика Млн. ту.т.	Энергия биомассы			Торф	
				ОТХОДЫ ^ж				
				ЛПК ^{жж} Млн. Т.у.т.	АПК Млн. ту.т.	ЖКХ Млн. ту.т.	Млн. Ту.т.	
Северо-Западный	178.2	58.8	54.55	8.6	1.7	1.095	2900.9	
Центральный	84.9	9.8	2.9	1.5	14.5	3.22	760.7	
Южный, включая СКФО	100.7	24.0	20.6	0.37	24.8	1.956	0.3	29.5
Приволжский	140.8	32.1	11.9	4.24	24.9	2.65	413.8	
Уральский	215.6	219.9	45.9	4.23	3.35	1.049	2534.0	
Сибирь	672.0	205.8	147.9	18.13	11.82	1.48	3632.5	

ский								
Дальне-восточный	813.2	335.8	153.7	11.4	0.73	0.56	510.5	1.3

Комментарии к таблице:

^{лс}) ЛПК – лесопромышленный комплекс и деревообработка

АПК – агропромышленный комплекс

ЖКХ – жилищно-коммунальное хозяйство (ТБО – твердые бытовые отходы и ОСВ – осадки сточных вод)

^{тс}) Технический ресурс

Неравномерность распределения возобновляемых источников энергии по регионам позволяет создавать энергетические кластеры с различной комбинацией возобновляемых источников.

Потенциальные объемы производства биотоплив из биомассы в России в ближайшие десятилетия могут составить в год около 1500 млн. т.у.т./год, и не будут уступать объемам ежегодной добычи нефти, угля или природного газа, годовой энергобаланс России – более 1600 млн. т.у.т.) [1]. Потенциальные энергетические возможности России в области БИОЭНЕРГЕТИКИ как и в случае ископаемых углеводородов превосходят таковые любой страны мира. При интенсивном развитии этой отрасли российской энергетики страна может стать крупнейшим экспортером отдельных видов БИОЭНЕРГЕТИКИ.

Таблица 2 - Оценка потенциала БИОЭНЕРГЕТИКИ в России [6].

Ресурсы	Валовый потенциал, млн. т.у.т./год	Технический, потенциал млн. т.у.т./год	Экономический, потенциал млн. т.у.т./год
Энергия биомассы	467	129	69

Основными источниками российской энергетической биомассы являются:

- Органические отходы агропромышленного комплекса с энергосодержанием до 80 млн. т.у.т./год;
- Органические отходы лесопромышленного комплекса (при условии использования современных технологий лесопроизводства и деревообработки) с энергосодержанием до 1 млрд. т.у.т./год; (весь лесной запас – 20 млрд. т.у.т.);
- Отходы городов (сточные воды и твердые бытовые отходы);
- Торф (всего -60 млрд. т.у.т. 10.7 млрд. т.у.т. промышленный фонд, 100 млн. т.у.т./год);

- Энергетические плантации (минимум 270.9 млн. т.у.т./год, 19.5 млн. га - 20%, биогаз – 228.5 млн. т.у.т., этанол – 41.9 млн. т.у.т.);
- Биогазификация остаточной нефти [6].

Оценка объемов органических отходов в АПК и ЛПК, проведенная Институтом энергетической стратегии, позволила установить, что универсальными для всех регионов России видами биотоплив являются пеллеты (гранулы, брикеты) и биогаз.

В табл. 3 приведены данные по качественному составу биоэнергетического сырья, количественно выраженного в тоннах условного топлива, что позволяет определить не только типы биоэнергетических технологий для производства того или иного вида биотоплива, но и возможное их ежегодное производство по каждому региону России. В последующих разделах данные возможности проанализированы подробнее.

Таблица 3- Распределение видов биосырья по регионам России.

РЕГИОН	ВИДЫ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ			
	Лесная биомасса млн. т.у.т.	Отходы деревопереработки Тыс. т.у.т./год	Отходы АПК и ЖКХ общие, Тыс. т.у.т./год	ТОРФ Промышленный фонд, млн. т.у.т.
	Центральный федеральный округ			
	13.6	881.0	17745.3	760.68
Белгородская обл.	0.0	15.5	1900.4	0.91
Брянская область	0.8	63.0	747.6	62.76
Владимирская обл.	0.8	90.5	388.5	45.3
Воронежская обл.	0.1	22.0	2525.3	1.49
Ивановская обл.	0.7	47.5	293.2	25.03
Калужская обл.	0.8	37.0	364.0	8.51
Костромская об.	2.9	195.0	215.7	98.4
Курская обл.	0.1	14.0	1735.9	10.19
Липецкая обл.	0.1	10.5	1508.0	2.53
Московская обл. и Москва	2.0	66.0 36.0	1242.3	63.87
Орловская обл.	0.1	10.5	1315.0	3.48
Рязанская обл.	0.8	25.5	1054.9	38.14
Смоленская обл.	0.9	33.5	487.5	108.94

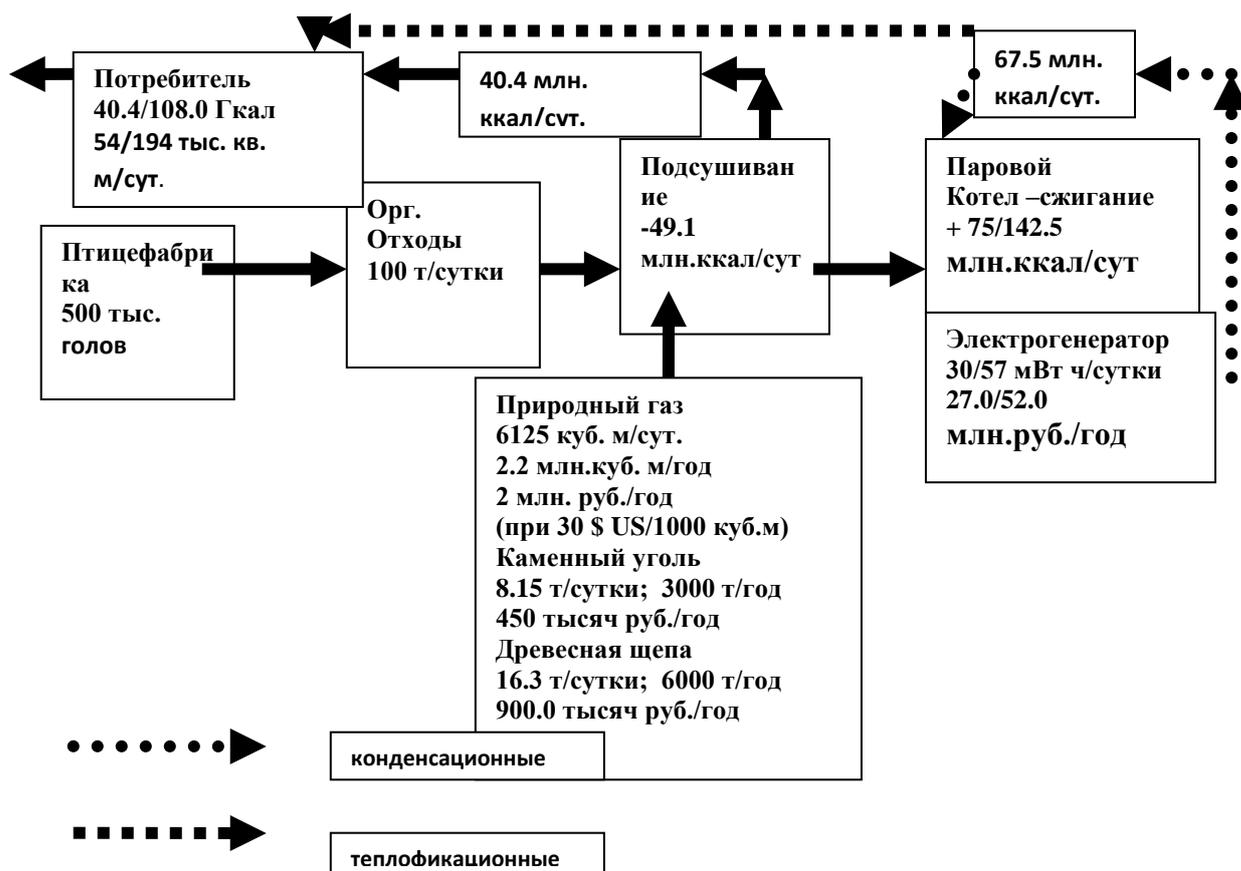
РЕГИОН	ВИДЫ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ			
Тамбовская обл.	0.2	124.5	1247.1	6.5
Тверская обл.	2.0	150.0	463.1	228.95
Тульская обл.	0.3	17.5	922.8	0.11
Ярославская обл.	1.0	32.5	385.7	55.57
	Северо-Западный федеральный округ			
	46.3	3075.0	2852.1	2900.94
Респ. Карелия	4.5	519.0	113.6	216.67
Респ. Коми	15.9	445.0	167.8	230.49
Архангельская обл. и Ненецкий АО	11.3	1263.5	239.3	278.54
Вологодская обл.	7.5	273.5	456.5	1283.9
Калининградская обл.	0.1	10.5	353.1	28.08
Ленинградская обл. и Санкт-Петербург	3.9	333.5 76.5	551.9	334.1
Мурманская обл.	0.4	27.5	92.9	3.56
Новгородская обл.	1.8	102.0	170.3	259.54
Псковская обл.	0.9	24.0	298.8	266.1
	Южный федеральный округ			
	1.0	347.0	26861.0	0.32
Респ. Адыгея	0.1	22.0	457.5	
Респ. Дагестан	0.1	1.0	1417.8	
Респ. Ингушетия	0.0	3.5	165.7	
Кабардино-Балкарская Респ.	0.0	3.0	607.3	
Респ. Калмыкия	0.0	1.0	565.5	
Карачаево-Черкесская Респ.	0.3	5.0	145.0	
Респ. Северная Осетия-Алания	0.0	3.0	409.2	
Чеченская Респ.	0.0	0.0	93.87	
Краснодарский край	0.2	137.0	9177.8	
Ставропольский	0.0	34.5	4658.6	

РЕГИОН	ВИДЫ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ			
край				
Астраханская обл.	0.0	73.5	335.3	
Волгоградская обл.	0.1	31.5	4054.4	0.32
Ростовская обл.	0.0	32.0	4772.8	
	Приволжский федеральный округ			
	24.1	1835.0	27533.6	413.84
Респ. Башкортостан	5.1	158.0	3898.3	25.48
Респ. Марий-Эл	0.8	77.5	374.2	40.27
Респ. Мордовия	0.2	18.5	747.9	2.91
Респ. Татарстан	0.8	106.5	3819.7	8.21
Удмуртская Респ.	1.3	88.0	848.3	31.42
Чувашская Респ.	0.5	22.5	849.6	1.91
Кировская обл.	4.7	374.5	925.1	144.39
Нижегородская обл.	2.1	252.5	12337.9	67.28
Оренбургская обл.	0.2	17.5	2193.4	0.28
Пензенская обл.	0.6	57.0	5657.8	3.92
Пермский Край	6.7	569.5	945.3+78.29	49.54+30.39
Самарская обл.	0.3	24.0	1694.7	3.25
Саратовская обл.	0.1	26.0	3470.2	0.25
Ульяновская обл.	0.7	43.0	792.9	4.34
	Уральский федеральный округ			
	35.0	797.5	4400.8	2534.05
Курганская обл.	0.7	31.0	808.2	6.71
Свердловская обл.	7.9	470.5	1126.6	1148.03
Тюменская обл.	24.7	225.0	1215.9	916.45+431.14 +13.71
Челябинская обл.	1.7	71.0	1250.0	18.01
	Сибирский федеральный округ			
	151.6	2522.0	13315.9	3632.53
Респ. Алтай	2.3	84.5	260.7	
Респ. Бурятия	9.1	150.0	326.8	22.41
Респ. Тыва	5.1	12.5	157.3	
Респ. Хакасия	2.1	0.0	274.7	

РЕГИОН	ВИДЫ СЫРЬЯ ДЛЯ БИОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ			
Алтайский край	2.0	0.0	3007.1	37.93
Красноярский край, Таймырский АО, Эвенкийский АО	55.3	607.5 0.0 0.0	1869.1	134.18
Иркутская обл. Усть-Ордынский Бурятский АО	42.0	1188.5	930.3	41.06
Кемеровская обл.	2.7	120.0	979.3	44.9
Новосибирская обл.	1.7	56.5	2148.3	946.17
Омская обл.	2.4	89.0	2471.6	243.24
Томская обл.	14.5	130.5	462.7	2162.64
Читинская обл. Агинский Бурятский АО	12.5	83.0	428.0	
	Дальневосточный федеральный округ			
	101.9	599.0	1291.3	510.49
Респ. Саха-Якутия	44.3		186.3	6.01
Приморский край	8.5	95.0	370.4	12.93
Хабаровский край	25.6	257.5	243.1	19.24
Амурская обл.	10.3	68.5	259.7	0.84
Камчатский край	6.7	16.0	2.7+3.55	267.01
Магаданская обл.	2.2	9.5	20.9	10.20
Сахалинская обл.	3.1	152.5	83.69	194.26
Еврейская АО	0.8		66.71	
Чукотский АО	0.4		4.94	

На рисунке 2 приведена схема комбинированной энергетической технологии получения электрической и тепловой энергии и минеральных удобрений при сжигании помета с постоянным использованием природного газа (или каменного угля, или древесной щепы) для подсушивания сырья в течение года. Подобные системы являются самыми перспективными для серийного применения в России.

Рисунок 2. Схема производства электрической энергии при сжигании органических отходов птицефабрики с использованием природного газа, или каменного угля, или древесной щепы [1].



2.2.1. Отходы агропромышленного комплекса России

Ежегодное производство отходов, генерируемых российским агропромышленным комплексом, составляет около 773 млн. т, (260 млн. т по сухому веществу): 350 млн. т (53 млн. т с.в.) – животноводство, 23 млн. т (5.75 млн. с.в.) – птицеводство, 220 млн. т (150 млн. т с.в.) – растениеводство, 30 млн. т (14 млн. т с.в.)- отходы перерабатывающей промышленности [7].

Мировой опыт свидетельствует о том, что более экономично перерабатывать отходы АПК централизованно, чтобы сократить транспортные плечи и снизить нерациональные экономические и энергетические (моторное топливо) затраты. И в рассматриваемом случае у современной России имеется блестящая возможность использовать заброшенные пашни под создание энергетических плантаций. Таких площадей около 40 млн. гектар. Но как показывают расчеты, при культивировании топинамбура для производстве биогаза и этанола для моторного топлива для всего российского АПК необходимо всего около 3-х млн. га, для автопарка всего РФ – 15 млн. га. При культивировании сладкого сорго для автопарка АПК – до 1 млн. га для РФ – 15 млн. га, то есть намного меньше пустующих земель.

Рисунок 3 - Потенциальные возможности производства биогаза из органических отходов АПК по Федеральным округам



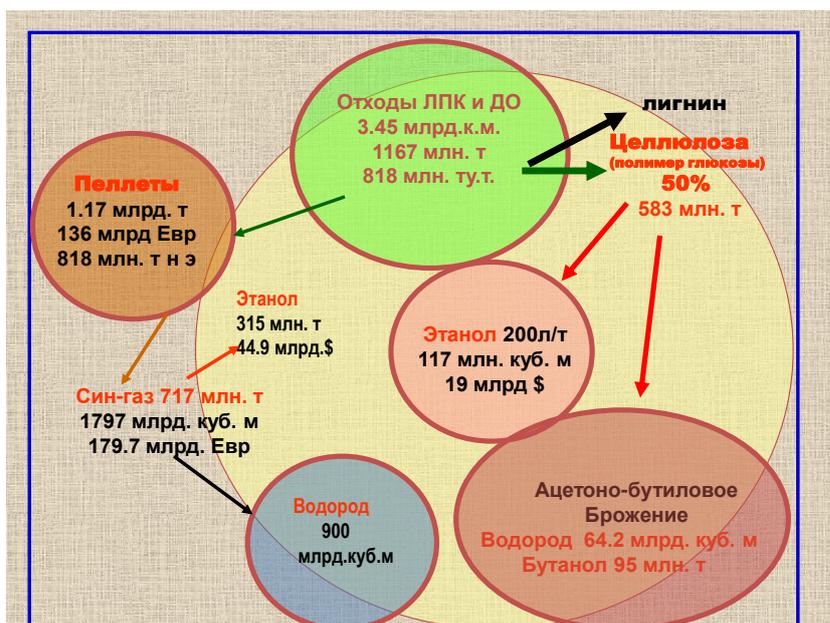
Комментарии к рисунку: СЗФО- 3.5 млрд. куб. м, ЦФО – 12.1 млрд. куб. м, ЮФО 24.4 млрд. куб. м, ПФО – 18.33 млрд. куб. м, УФО – 3.1 млрд. куб. м, СФО – 11.1 млрд. куб. м, ДвФО – 1.18 млрд. куб. м [1].

Применяя процесс анаэробной переработки, можно получить около 66 млрд. м³ биогаза (эквивалентны 33 млрд. л бензина-дизтоплива или 110 млрд. кВт-ч электроэнергии и 1 млрд. ГДж тепла) и около 112 млн. т высококачественных гранулированных удобрений. При выполнении задач Доктрины продовольственной безопасности произойдет увеличение поголовья КРС, свиней и птицы, что приведет к резкому увеличению отходов до 1200 млн. тонн.

2.2.2. Отходы лесопромышленного комплекса России

Россия является мировым лидером по лесным ресурсам, обладая четвертой частью мировых запасов древесины, оцениваемых в 82 млрд. м³ или 41 млрд. т. [5]. На рисунке 5 приведены потенциальные количественные данные по производству различных видов биотоплива: пеллет, этанола, син-газа, водорода и бутанола,- из отходов лесопроизводства и деревопереработки при применении современных технологий.

Рисунок 4 - Потенциальные объемы производства биотоплив из отходов лесопроизводства и деревообработки в России.



2.2.3. Быстрорастущие деревья

В лесопромышленном комплексе при вырубке как деловой, так и неделовой древесины (используемой в биоэнергетике) для восстановления лесных массивов следует высаживать быстрорастущие деревья с небольшим сроком ротации, с тем, чтобы их можно было использовать в биоэнергетике.

Многолетние быстрорастущие кустарники и деревья можно также высаживать на запущенных землях вблизи сельских поселений и использовать в биоэнергетике в интересах жителей этих поселений.

Выращиваются быстрорастущие культуры — эвкалипт, тополь, ива, и другие. Испытано около 20 различных видов растений — древесных, кустарниковых и травянистых, в том числе кукуруза и сахарный тростник. Каждые 4—7 лет деревья срезают и годовой урожай может составлять около 7 тонн/гектар. Собранная биомасса используется для производства тепловой и электрической энергии, может служить в качестве сырья для производства жидкого биотоплива.

В умеренной климатической зоне для энергетических лесов наиболее подходят разновидности быстрорастущих сортов тополя (волосистоплодного и канадского) и ивы (корзиночной и козьей), а в южной части России — акация и эвкалипт. Период ротации растений 6—7 лет. На одном гектаре земли высаживают до 3—5 тысяч тополей. Применяются комбинированные посадки — в междурядьях высаживаются сельскохозяйственные культуры.

2.2.4. Древесные и торфяные пеллеты

В настоящее время в России получило развитие производство древесных и торфяных пеллет. Их производство освоили на территории республик Коми и в Карелии, в Архангельской, Вологодской, Ленинградской, Псковской, Нижегородской, Новгородской, Тверской, Владимирской, Кировской, Костромской, Свердловской областях, в Красноярском и Хабаровском краях [8].

В 2010 году мощности по производству пеллет в России составляли 2 млн. тонн в год, выпуск пеллет из древесины и лузги по различным оценкам – от 700 тыс. до 1 млн. тонн в год, большая часть которых была экспортирована в Европу. При этом если древесные гранулы в основном покупают скандинавские страны, а также центральная и северная Европа, то российские топливные гранулы из лузги закупают только Великобритания и Польша. Возрастает производство и экспорт брикетов. По данным Евростата, в 2009 году экспорт российских брикетов составил около 300 тысяч тонн.

Россия может стать крупным экспортером биотоплив, например, древесной щепы и пеллет для Европы и других стран: в РФ сосредоточена четвертая часть мировых запасов леса. Ежегодно в России вырубается только 130 млн куб. метров древесины, но этот показатель может быть увеличен до 550 млн куб. метров (или до 275 млн тонн). При этом отходы составят до 40%, или 370 млн куб. метров (185 млн тонн) с содержанием энергии до $2,29 \text{ Дж} * 10^{18}$. Для изготовления пеллет можно использовать солому злаковых и крупяных культур, масса накопления которой ежегодно составляет 80-100 млн тонн. Даже при использовании только половины этой массы для производства пеллет можно получить за счет экспорта до 1,2 млрд евро. Однако для создания производственных мощностей и инфраструктуры нужны очень крупные инвестиции. Таким образом, потенциальные возможности от производства и экспорта пеллет в год для России могут составить 7,8 млрд евро. В Северо-Западном регионе России уже успешно функционируют отечественные компании, производящие пеллеты и экспортирующие их на Запад по цене \$100 за тонну пеллет.

Среди более чем 100 существующих заводов выделяются заводы-гиганты:

- Производство древесных топливных гранул в Ленинградской области в пос. Советский – ОАО «Выборгская Целлюлоза» – с проектным объемом мощностью 1 млн. тонн древесных пеллет в год.
- Запуск второго крупного пеллетного производства в Красноярском крае – Новонисейский ЛХК мощностью 40 тысяч тонн гранул в год. Красноярский край становится лидером в области производства топливных гранул в России. В 2010 году завод «Енисей» экспортировал 120 тысяч тонн гранул в год.

- «Лесозавод 25» в Архангельской области с производством 100 тыс. т в год.
- Завод «Талион Терра», принадлежащий ООО «СТОД», мощностью 80 тыс. т в год в Тверской области, г. Торжок.
- В начале 2011 года открылся пеллетный завод в Архангельской области, г. Няндом.

В производство топливных гранул также намерена инвестировать Госкорпорация «Ростехнологии». В некоторых регионах РФ разработаны программы, связанные с использованием древесного топлива (Архангельск, Вологда, Великий Новгород).

2.2.5. Жидкое биотопливо. Биодизель. Биоэтанол

В России сфера жидкого биотоплива развита слабо. Моторное биотопливо в России практически не используется. Тем не менее, за советский период был накоплен достаточный опыт производства моторных топлив из энергетических культур и отходов АПК и ЛПК – такими разработками занимались МГУ им. Ломоносова, ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-техно-логический институт рапса» Российской академии сельскохозяйственных наук и другие исследовательские лаборатории и институты.

В 2002 году в России из пищевого сырья произведено 1,31 млн куб. метров этанола, 0,15 млн куб. метров синтетического этанола и 0,044 млн куб. метров технического гидролизного этанола. Россия располагает мощностями, использующими гидролизные технологии, которые позволяют изготавливать до 0,2 млн тонн гидролизного спирта. Другими видами сырья, обеспечивающими производство этанола в России, могут быть меласса (отходы сахарного производства), картофельный крахмал, сладкое сорго. Объемы производства мелассы в нашей стране в 2004 году составили 1,1 млн тонн, из которых можно получить 330 000 куб. метров этанола стоимостью \$99 млн.

Перспективы развития отечественного производства транспортного этанола с последующим его экспортом достаточно оптимистичны. Но основным сырьем для его изготовления в России должна стать древесина.

В таблице 4 приведенные потенциальные данные по производству биотоплив (этанола, биодизеля, биобутанола и биогаза) из различных видов сельскохозяйственных культур и процент необходимой для этих целей земельных площадей от 120 млн. га общей российской пашни.

На сегодняшний день одним из наиболее распространённых источников биотоплива в России является рапс. Изготовление рапсового масла в промышленных масштабах в России началось только в 2007 г. В России не существует единой государственной программы развития биодизельного топлива, но создаются региональные программы, например Алтайская краевая целевая программа «Рапс — биодизель». В Липецкой области создана Ассоциация Производителей Рапсового Масла. Пензенская компания «Агробиотехнология»

планирует создание производства мощностью 250 тыс. тонн в год. В Южном федеральном округе ана-логичный проект развивает компания «Русагропроект» (Волгоградская область) [4].

Таблица 4- Производство биотоплив на энергетических плантациях. [1].

4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЛАНТАЦИИ (% от 120 млн.га) этанол, биодизель, биобутанол, биогаз						
N N	Вид с/х культуры	Урожай- ность, ц/га	Угле- воды, Жиры, %	Биотопливо, выход на 1 га	Площадь пашни для Производства МТ Для автопарка	
					АПК	Всего РФ
1	Топинамбур Зеленая масса клубни	900 300	18	Биогаз	800 тыс. га	4 млн. га
				17500м ³ 68000 кВт	0.7%	3.3%
				Этанол, 5000 кВт 2.4 т/га	3 млн.га 2.5%	15млн. га 12.5%
2	Сладкое сорго	800	20	Этанол 10560 6.4т/га кВт	1 млн. га 0.8%	5.6млн. Га 5%
				Жмых 12 млн. т/год	1 млн. гол. КРС	
				Бутанол 2.16т	3.2млн. га	17млн. га
3	Пшеница	50	51	Этанол 1.9т/га 3960 кВт	3.7млн. Га 3%	19 млн. га 16%
4	Рапс	30	40	Биодизель 1.2т 8340 кВт	4 млн.га 3.3%	31 млн.га 26%

ОАО «РЖД» в 2006 – 2007 годах провела испытания биодизеля из рапсового масла на тепловозах депо Воронеж-Курский Юго-Восточной железной дороги. Представители РЖД заявили о готовности использовать биодизель в промышленных масштабах на своих тепловозах [4]. Пробная партия дизельного топлива ОАО «РЖД» было предоставлено ЗАО «Маслопродукт» (Воронежская область).

В 2008 году в России мощности по производству этанола из пищевого сырья составляют около 1,5 млрд. литров, его ежегодное потребление находится на уровне 0,7-0,8 млрд. литров, причем 80% его используется для производства алкогольных напитков. В 2009 году было произведено около 500 млн. л биоэтанола (из растительного сырья и отходов древесины).

Октан повышающие добавки на основе этанола в России выпускают:

- ЗАО «Нефтехимия» (бывший Самарский завод «Этанол»);
- КГУП «Хорский гидролизный завод» (Хабаровский край);
- ООО «Кировский биохимический завод» (Кировская область);
- ЗАО НПО «Хим-синтез»;
- ЗАО «Канский биохимический завод» (Красноярский край) [8].

В Омской области ЗАО «Группа компаний «Титан» ведёт строительство первого в России бионефтехимического кластера (проект «Биокомплекс»). Одним из направлений деятельности Биокомплекса будет производство биотанола (по предварительной информации, производственная мощность составит до 150 тыс. тонн биоэтанола в год) и его переработка в но-вый высокооктановый компонент этил-трет-бутиловый эфир [4].

Госкорпорация «Ростехнологии» планирует в 2011 году начать строительство завода по производству биотоплива в Иркутской области. Строительство завода планируется на базе ОАО «Восточно-Сибирский комбинат биотехнологий» (Тулунский гидролизный завод), созданного ОАО «Корпорация Биотехнологии» при участии Госкорпорации «Ростехнологии». В этом проекте будет использоваться технология производства биотоплива второго поколения из отходов лесопереработки (различные топлива, полученные различными методами пиролиза биомассы, или другие топлива, отличные от метанола, этанола, биодизеля).

ОАО Кировский «Биохимзавод» – единственное предприятие в России, которое производит биоэтанол из отходов древесины в промышленных объемах, для его дальнейшего применения в качестве моторного топлива. Экологически чистое, соответствующее европейским стандартам биотопливо стандарта Е-85 производится на предприятии, начиная с 2007 года. Все проведенные за это время испытания автотранспорта показали отличные результаты. Разработан стандарт организации (СТО) на данный вид топлива СТО 11605031-033-2009.

В Костромском районе Костромской области научно-производственная компания «Агродизель», специализирующаяся в области альтернативных видов моторных топлив, включая биотоплива, проводит работы в направлении реализации пилотного проекта по производству топливного этанола из непищевого вида растительного сырья (топинамбур). Проект включает создание и развитие сырьевой базы (8 тыс. га) и строительство производственного комплекса по выпуску 50 тыс. тонн топливного биоэтанола, 40 тыс. тонн кормопродукта и 20 тыс. тонн углекислоты. Отличительной особенностью настоящего проекта является выбор базовой сырьевой культуры – топинамбура, эффективность которого по выходу этанола с 1 гектара посадок в 3-5 раз выше, чем у зерновых и в 4 раза выше, чем у сахарной свеклы и картофеля.

2.2.6. Газообразное биотопливо

За российский период развития было реализовано несколько десятков небольших для индивидуальных хозяйств - биогазовых станций рядом российских компаний, среди которых ведущее место занимают профильные институты (в частности Институт

электрификации сельского хозяйства) совместно с металлообрабатывающими предприятиями.

Развитие крупных промышленных установок отставало от малого строительства. В последние 10 лет было реализовано всего два масштабных проекта. Биогазовая установка электрической мощностью 200 кВт на ферме крупного рогатого скота в Медыни (Калужская область) и биогазовая установка на Московском водоканале (Курьяновские очистные сооружения). Оба проекта были реализованы при участии иностранных инжиниринговых компаний. Находится в процессе строительства биогазовая установка агрофирмы «Мортадель» (Владимирская обл.) с ожидаемым пуском в эксплуатацию в 2011 году.

В рамках Концепции развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009-2012 годы реализуются первые пилотные проекты по сооружению биогазовых станций в данном регионе.

Первый проект представляет собой сооружение биогазовой установки на базе Стригуновского свинокомплекса, входящего в группу «Агро-Белогорье», в селе Байцуры Борисовского района. Основным сырьем для объекта послужат свиноводческие стоки площадки откорма Стригуновского свинокомплекса, а также в качестве дополнительного сырья будет использоваться силосная масса или рожь. Первая очередь станции (мощностью 0,5 МВт (эл.)) находится на стадии пуско-наладки.

Второй проект включает сооружение в двух биохимических реакторов мощностью 1,2 МВт (эл.) каждый в селе Лучки Прохоровского района. Биогазовая станция будет использовать не только свиноводческие стоки, но также силосные массы и отходы мясоперерабатывающего завода «Агро-Белогорье» в Крапивенских Дворах, решая тем самым проблему их утилизации. Запуск объекта планируется осенью 2011 года.

2.2.7. Электростанции на биомассе

Потенциальные запасы энергетической биомассы в России, достаточные для создания электростанций мощностью не менее 5 МВт. В таблице 5 представлены расчетные данные по количеству различных видов биомассы, необходимого для создания электростанции, мощностью не менее 5 МВт.

В России электростанции мощностью 5 МВт можно создавать при использовании древесины, торфа и куриного помета при их сжигании.

Мощность электростанции, работающей на твердых бытовых отходах (ТБО) составит около 60 тыс. МВт электроэнергии и 225 тыс. Гкал тепла в год. Мощность переработки ТБО — 180 тыс. т в год.

Таблица 5 - Виды и количества биомассы, достаточные для создания электростанций с установочной мощностью не менее 5 МВт

№№	СЫРЬЕ	Теплотворная способность,	Технологии	Количество биомассы, тонн		Влажность	
				в час	в сутки	А.с.в.	Естественная
1	древесина	4000.0 ккал/кг	сжигание	3.125	75.0	X	
2	торф	5000.0 ккал/кг	сжигание	2.5	60.0	X	
3	солома	3200.0 ккал/кг	сжигание	3.9	93.75	X	На 1 год 17 тыс. га
4	Син-газ Из древесины	1500.0 ккал/нм	сжигание	6.4	154.0	X	
	Куриный помет	3200.0 ккал/кг	сжигание	3.9	93.75	X	375.0 т/сут 75%
5	Биогаз	5000.0 ккал/нм	сжигание	2500 Куб. м	60000 Куб.м		
	Навоз КРС			62.0	1500.0		85.0%
	Свиной навоз			62.0	1500.0		85.0%
6	ТБО	3600.0 ккал/кг	сжигание	3.5	83.3	.	277.7т/сут.
7	Энергетические плантации Топинамбур	биогаз 5000.0 ккал/кг	сжигание	2.5	60.0	А.с.в.	300.0 т/сут. На 1 год 10 тыс.га
8	Генераторный газ	1100.0 ккал/нм	сжигание	11.4	273.0		

Получение электрической энергии при сжигании биогаза, получаемого из разнообразных органических отходов сельскохозяйственного производства.

В соответствии с Всероссийской сельскохозяйственной переписью 2006г. Общее поголовье крупного рогатого скота по всем категориям хозяйств составляет 23.9 млн. голов, свиней – 17 млн. голов, что в год дает до 240 млн. тонн. Их полная переработка в биогаз позволит получить до 9.6 млрд. куб. м или 19.2 млрд кВт-час при к.п.д.33%. При использовании когенерационных установок выход электроэнергии будет выше и одновременно до 45% биогаза трансформируется в тепловую энергию.

Общая мощность электростанций составит до 2.2 тысячи мВт.

Для крупных хозяйств, которых насчитывается до 18.7 тысяч и имеющих до 114 млн. т/год выход биогаза составит 4.6 млрд. куб. м, и электроэнергии, соответственно, 9.2. млрд. кВт/год. Общая мощность электростанций составит более 1 тысячи мВт или 200 пятимегаваттных станций. То есть, одна такая электростанция на 93 хозяйства.

Такие электростанции следует создавать кустовые на несколько крупных хозяйств и дополнительно к отходам животноводства добавлять другие органические отходы сельскохозяйственного производства.

2.2.8. Торф – долгосрочный источник сырья для биотоплива в России

Запас торфа в России – 30.817 млрд. т с энергосодержанием 10.752 млрд. т.т. Промышленный фонд – 18.5 млрд. т или 6.45 млрд. т.у.т. При ежегодной добыче 300 млн. т (в 2 раза больше, чем СССР) этих запасов достаточно для добычи в течение 102 лет.

Из 300 млн. т/год (100 млн. т.у.т .) можно получать до 100 млн. т/год пеллет, брикетов, или до 90 млн. т/год син-газа (до 900 млрд. куб. м/год), или до 450 млрд. куб. м/год биово-дороды, или до 45 млн. т/год биоэтанола.

Основные запасы промышленного торфа находятся в северных и сибирских регионах, в которых отходы растениеводства незначительны: Центральный Федеральный округ – 2.18 млрд. т; Южный Федеральный округ- 0.00092 млрд. т; Поволжский Федеральный округ – 1.19 млрд. т, тогда как в Северо-Западном Федеральном округе – 8.31 млрд. т, в Уральском Федеральном Округе – 7.26 млрд. т, в Сибирском Федеральном Округе – 10.4 млрд. т, и в Дальневосточном Федеральном Округе – 1.47 млрд. т.

2.2.9. Остаточная нефть

Важным дополнительным источником жидкого топлива может стать остаточная нефть, которую можно добывать посредством использования биогазовых технологий.

В России уже полвека наблюдается негативная тенденция снижения проектной нефтеотдачи: по сравнению с пятидесятыми годами она уменьшилась вдвое. В недрах остается более 70% запасов нефти. С 1965 года нефтяники оставили под землей около 21.5 млрд тонн потенциально извлекаемых запасов, столько, сколько было добыто за всю историю нефтяной отрасли России. В Институте микробиологии им. Вернадского РАН под руководством академика РАН и директора Института Иванова М.В. разработана и успешно реализована промышленная технология добычи остаточной нефти методами биогазовых технологий [8].

2.2.10. Побочные продукты при развитии биоэнергетики

Особенность биоэнергетики в отличие от других видов ВИЭ состоит в том, она позволяет из различных видов биомассы и, в первую очередь, из многочисленных органических отходов растительного и животного происхождения наряду с топливом и энергией получать высокоэффективные органические вещества микробного происхождения, которые можно использовать в разных отраслях сельскохозяйственного производства: в растениеводстве – удобрения, в животноводстве- и в птицеводстве – кормовые дрожжи,

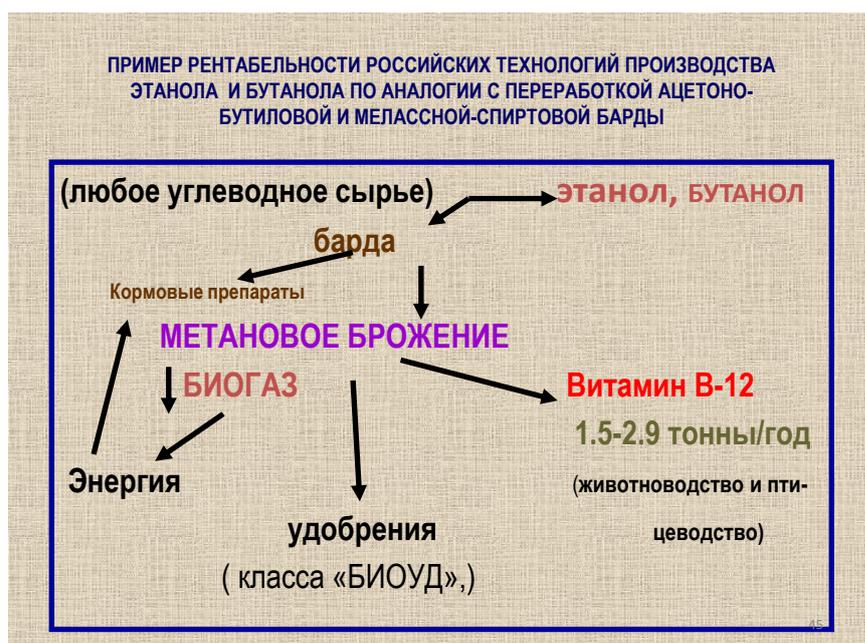
кормовой препарат витамина В-12, белково-витаминные кормовые препараты, ступенчато выделяемые из метано-генного консорциума[1].

При производстве этанола методами биотехнологии независимо от исходного сырья кроме спирта-моторного топлива образуется еще два продукта- кормовые *дрожжи и барда*. На 1 куб. м этанола образуется до 12-14 куб. м барды с влажностью 92-94%.

Зерновую барду после брожения гидролизатов топинамбура и сладкого сорго можно выпаривать и высушивать и использовать как кормовую добавку.

Спиртовые барды из других видов сырья (мелассы, гидролизованного сахара, и т.д.) , как показал многолетний опыт СССР, можно подвергать термофильному метановому брожению и одновременно с биогазом получать: кормовой препарат витамина В-12, ростстимуляторы для молочнокислых бактерий, применяемых в сыроделии, высокоэффективные органические удобрения. (рисунок 5). Как показал многолетний опыт СССР применение витамина В-12 в составе премиксов к комбикормам в животноводстве и птицеводстве повышает продуктивность, снижает расход кормов, сокращает сроки откорма, сохраняет молодняк. Потребность отечественного свиноводства и птицеводства в витамине В-12 составляет 1460 кг в год. К 2020 году поголовье нужно увеличить, как минимум, в 2 раза. И потребуется 2920 кг витамина В-12, или перерабатывать до 7300 тысяч куб. м барды в год, или задействовать 55 заводов трехтысячников, -610 тысяч куб. м этанола в год.

Рисунок 5 -Пример рентабельности российских технологий производства этанола и бутанола по аналогии с переработкой ацетано-бутиловой и мелассной-спиртовой барды.



Технологии применения кормовых добавок хорошо известны в российской зоотехнологии. Их следует или совершенствовать, или восстановить при условии восстановления их производств, как в случае витамина В-12.

2.3. Опыт развития биоэнергетики России

Россия обладает серьезным промышленным опытом производства биотоплив из биомассы. СССР было первой страной в мире, которая освоила широкомасштабное промышленное производство биотоплив (биобутанола, биоэтанола, биоацетона, биоводорода и биогаза) из биомассы (мелассы - отхода сахаропроизводства из сахарной свеклы).

В СССР до конца 1980-х годов прошлого столетия работало четыре ацетоно-бутиловых завода: в Грозном, Нальчике, Талице (Свердловской обл.) и Ефремове (Тульской обл.). Суточное производство на Ефремовском заводе при полной загрузке составляло до 50 т растворителей (бутанола, ацетона, этанола в их весовом соотношении 13 : 4 : 1) и до 29 тыс. м³ водорода, или в год: 15000 т растворителей и до 8,7 млн. м³ водорода. Грозненский завод давал в сутки до 74 т растворителей и 43 тыс. м³ водорода, или в год 22 тыс. т растворителей и до 13 млн. м³ водорода [1].

В 1967 г. на Ефремовском и в 1969 г. на Грозненском ацетоно-бутиловых заводах были введены в эксплуатацию цеха по производству кормового витамина В-12 методом термофильного метанового брожения жидких отходов этих производств — барды (3000 м³/сут). Кроме витамина В-12 каждый цех производил в сутки до 30 тыс. м³ биогаза, который цел-ком использовался для производства тепловой энергии для всего производственного цикла (Рисунок 6) [1].

Рисунок 6- Термофильный метантенк цеха по производству кормового препарата витамина В-12 при переработке ацетоно-бутиловой барды на Грозненском ацетоно-бутиловом заводе (1969г.)



К 1970-м годам в России впервые в мире были созданы крупномасштабные промышленные производства биотоплива из биомассы: биоводорода, биометана, биобутанола, биоацетона, биоэтанола.

Успешное промышленное освоение биогазовых технологий и масштабное производство биогаза на ацетоно-бутиловых заводах и на станциях «аэрации» при очистке сточных вод г. Москвы позволило к концу 1970-х годов поставить задачу широкого внедрения этих технологий в сельскохозяйственное производство СССР.

Биоэнергетические установки по переработке отходов животноводства и птицеводства отечественного производства «Кобос» и БЭУ-301 в 1980 - 90-е годы эксплуатировались в России и бывшем СССР.

В России с начала 1980-х годов ведущее место в направлении использования биомассы для целей энергетики, помимо газификации древесины и лигноцеллюлозных материалов, занимало развитие биогазовых технологий по производству биогаза, тепловой и электрической энергии из органических отходов сельскохозяйственного производства, пищевой и легкой промышленности, а также стоков и твердых бытовых отходов городов. В данном направлении были достигнуты ощутимые практические результаты.

Научно-производственный Центр «Экорос» разработал и реализовал высокорентабельные биогазовые технологии и оборудование (биогазовые установки ИБГУ-1), рассчитанные на использование в малых фермерских хозяйствах со сроком окупаемости 1-1,5 года, допускающие эффективную эксплуатацию в любом климатическом регионе России. В период 1992 - 2004 гг. выпущено и внедрено более 80 установок этого типа [1].

Во Всероссийском институте электрификации сельского хозяйства (г. Москва) была разработана высокоэффективная экспериментальная установка, основанная на принципе быстрого пиролиза биомассы, превращающая до 70% сухого вещества в жидкое или газообразное топливо с калорийностью до 5000 ккал/кг. В ее состав входит дизель-генератор, переоборудованный под совместное сжигание вырабатываемого газа и дизельного топлива, при экономии последнего до 50% [5].

Особенность, и, может быть, уникальность биогазовых технологий, основанных на термофильных режимах метангенерации, состоит в том, одновременно с биогазом, не содержащим сероводорода (что важно при эксплуатации оборудования из углеродистой стали) метаногенный консорциум создает уникальные и универсальные высокоэффективные экологически чистые органические удобрения, которые, как показали двадцатилетние исследования ведущих эколого-почвенных Центров России и широкое практическое применение в ряде регионов страны, значительно увеличивают урожайность разнообразных сельскохозяйственных культур, повышают устойчивость растений к неблагоприятным воздействиям окружающей среды.

Современная российская биоэнергетика располагает целой серией высокотехнологичных биогазовых технологий, разработанных ранее в СССР:

- *Технология вертикального замещения поступающего сырья в метантенк* – «классическая технология» (1961) (Ефремовский, Грозненский, Андрушевский, Даугавпилский цеха по производству КМБ-12; Курьяновская и Люберецкая станции аэрации г. Москвы). Разработчики: ИНБИ им. Баха АН СССР, Грозненский АБЗ, Институт бродильной промышленности, НИИПроект «Мосводоканал».
- *Технология двухстадийного метанового брожения (1962)* (опытно-промышленные испытания Грозненский АБЗ) для любых видов сырья. Вдвое увеличивает выход метана. Разработчики: ИНБИ им. Баха АН СССР, Грозненский АБЗ.
- *Технология рециркуляции*, до 8 раз сокращает время ферментации и до 8 раз увеличивает выход биогаза для сырья влажностью 96-98% (1965) (Грозненский АБЗ). Разработчики: Грозненский Институт автоматики, ИНБИ им. Баха АН СССР, Грозненский АБЗ.
- *Технология рециркуляции* для переработки отходов птицеводства (1985) (промышленная станция на Октябрьской птицефабрике Глебовского ППО, Истринский район, Московской области). Разработчики: инженер Андрюхин Т.Я., Октябрьская птицефабрика.
- *Технология трехстадийной метангенерации* для любых видов сырья с влажностью не более 85%. В 1.5 раза сокращает время ферментации, в 2 раза увеличивает выход биогаза и выход метана, в 1.8 раза увеличивает степень разложения исходного субстрата (1986) Разработчики: Институт микробиологии АН Арм. ССР, ИНБИ им. Баха АН СССР, ЗАО Центр «ЭКОРОС».
- *Технология с предварительным разделением фаз* исходного сырья для переработки отходов животноводства и свиноводства с влажностью 97-98%. Сокращает сроки ферментации, увеличивает выход биогаза, сокращает рабочие объемы биореакторов-метантенков. (1989) (Биоэнергетическая станция на свинокомплексе на 24 тыс. голов в колхозе «Большевик» Крымской обл. УССР). Разработчики: ВИЭСХ и ПМК Нижнегорского района Крымской обл. по Межгосударственной программе «Биотехнология».)
- *Технология твердофазной метангенерации* для переработки концентрированных осадков сточных вод с влажностью 60-80%. (1992) Разработчики: ИНБИ им. Баха АН СССР, Академия коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова.
- *Экспресс-Технология рециркуляционно-твердофазной термофильной метангенерации* твердых бытовых отходов и твердых сельскохозяйственных отходов. (1986).
Такая технология позволяет создать стационарные, экологически чистые и безотходные заводы по переработки ТБО за 15-20 суток вместо 30-60 лет. Полностью

ликвидировать му-сорные полигоны и получать черные и цветные металлы, строительные материалы, картон, стекло, газообразное топливо-биометан и биоудобрения. Технология может быть применена для обработки твердых сельскохозяйственных отходов(солома, стебли кукурузы и подсолнечника и т.д.). (Опытно-промышленные испытания на производственной базе ЗАО Центр «ЭКОРОС») Разработчики: ИНБИ им. Баха АН СССР, ЗАО Центр«ЭКОРОС» [6].

- *Технология «upslow» для метангенерации супержидких* (влажность не менее 98-99%) отходов животноводства, пищевой, консервной, молочной, бумажной промышленности. В несколько раз увеличивается выход биогаза и метана на единицу рабочего объема (Свинокомплекс в Вологодской обл.). Разработчики: МГУ им. Ломоносова, ВИЭСХ и НИИПроект «Мосводоканал».

Успешная реализация перечисленных выше биогазовых технологий в промышленности и их оптимизация требует их отработки на модельных метантенках станций технологического тестирования.

3. Направления развития биоэнергетики в России

Россия располагает необходимыми интеллектуальными возможностями (многочисленные НИИ, Университеты, КБ и отдельные научно-производственные компании) и машиностроительной производственной базой для активного применения и использования ВИЭ в России.

Для эффективного использования этой сырьевой базы и ее ежегодного воспроизводства ФГБУ «Российское энергетическое агентство» работает по следующим направлениям развития международного сотрудничества:

- 1) Трансфер технологий ВИЭ с последующей локализацией производства, интеграцией с ведущими производителями оборудования и комплектующих, созданием научно-проектных центров определяющих развитие технологий, снятие лицензионных ограничений, экспорт продукции и сервисных услуг. С учётом динамики развития технологий, принятие решений о трансфере технологий должно быть принято в период не позднее 2011-2012 гг.
- 2) Обмен информацией по системам диспетчеризации, модернизации электрических сетей, разработкам в области создания промышленных накопителей энергии с формированием интеллектуальных систем «производство – транспортировка – потребление», развитие технологий «умных сетей» (smart grids).
- 3) Формирование единых подходов к прогнозированию, планированию и мониторингу развития ВИЭ, включая совместную реализацию пилотных проектов, крупных

исследовательских программ в области ВИЭ, а также определение приоритетных направлений развития энергетической инфраструктуры.

- 4) Гармонизация законодательной и нормативно-правовой базы для поддержки развития международного сотрудничества по программам, проектам, технологиям в области ВИЭ. Изучение возможности гармонизации технических стандартов. Разработка общих подходов по государственной поддержке ВИЭ (в области субсидий, налогов, поддержке кредитов и гарантий, таможенных сборов и др.).
- 5) Формирование в РФ значительного сектора производства электрической энергии генераторами ВИЭ неизбежно вызовет потребность в квалифицированных кадрах. Опыт подготовки таких специалистов имеется в зарубежных странах и целесообразно согласовать программу переподготовки, обучения и включения в этот процесс ведущих инженерных ВУЗов России.
- 6) Развитие НИОКР и коммерциализация инноваций.

Ниже отдельные направления работ ФГБУ «РЭА» приставлены подробнее.

3.1. Создание сети региональных научно-исследовательских, проектных и производственных Центров БИОЭНЕРГЕТИКИ

Опыт зарубежных стран, особенно Китая, показывает, что для активного развития БИОЭНЕРГЕТИКИ кроме принятия соответствующего законодательства, стимулирующее это развитие в такой большой стране как Россия необходимо создание региональных Центров по разработке технологий, проектов и оборудования и применению ВИЭ в региональной энергетике и экономике. В качестве прообразов учебно-испытательных центров можно использовать Экспериментальные и промышленные биоэлектростанции НПО «ВСЕРОССИЙСКИЙ НИИ ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА» (г. Москва), представленные на всей территории Российской Федерации.

Структура и Задачи Центров:

- 1) Центр – это кластер, включающий Центральную научно-исследовательскую лабораторию, конструкторское бюро, опытное машиностроительное производство, одно или несколько крупных промышленных производств ВИЭ (заводов, фабрик и т. д.), Центр обучения и подготовки кадров – биоэнергетиков (от науки до создания технологий, оборудования, и их эксплуатации);
- 2) Разработка и создание прогрессивных высокоэффективных технологий БИОЭНЕРГЕТИКИ на основе достижений современной отечественной и мировой науки;
- 3) Разработка, создание, испытание и производство энергоэффективного биоэнергетического оборудования;

- 4) Центры должны активно помогать развитию БИОЭНЕРГЕТИКИ в регионе, оказывать техническое содействие и помощь в эксплуатации и ремонте БИОЭНЕРГО - объектов.
- 5) Центры должны иметь свои инженерно-технические мобильные бригады в каждом районе региона, где эксплуатируется БИОЭНЕРГО - оборудование.

3.2. Развитие сотрудничества с предприятиями жилищно-коммунального комплекса по применению биоэнергетики для переработки коммунальных органических отходов

В рамках сотрудничества стороны проводят:

- Полную оценку разнообразных органических коммунальных отходов для их использования в биоэнергетике;
- Разработку эффективных и экономичных технологий сбора, накопления, хранения, сортировки, предобработки органических коммунальных отходов в качестве эффективного сырья для биоэнергетики;
- Разработать государственный стандарт строительства типоразмерного ряда систем и заводов по утилизации органических коммунальных отходов, сопряженных с системами производства биотоплив и других полезных сопутствующих товаров.
- Разработать юридические основы ответственности сторон за безотходную, экологически чистую утилизацию отходов коммунального сектора любого города и поселка с их использованием для производства биотоплив, тепловой и электрической энергии, удобрений.

3.3. Создание технологий производства водородного топлива

Если рассматривать развитие БИОЭНЕРГЕТИКИ в России, то с учетом полномасштабного внедрения ее в энергетику и экономику страны ВИЭ в России может полностью заменить традиционные виды топлив. Но для оставшегося мира: развитых и развивающихся стран, особенно таких, как Китай, Индия, Индонезия и др., ВИЭ вряд ли смогу покрыть даже 50% потребности в топливе и энергии.

Исследования в области биохимии и молекулярной биологии природных продуцентов метана – метаногенов (самых древних живых организмов на Земле), показали, что, во-первых, они были в эпоху Архея не только продуцентами метана из космического водорода и диоксида углерода, но и продуцентами воды. Они создали первичные океаны, законсервировав значительное количество водорода в виде его оксида.

Установлено, что эти организмы обладают, как минимум, двумя ферментными системами, способными выделять водород из воды. Причем они могут осуществлять этот процесс под воздействием света (работы советских ученых Панцхава Е.С., Никандрова В.В., академика АН СССР Красновского А.А.).

В последние годы в таких странах, как США и Япония активно и успешно проводятся исследования по фотообразованию водорода из воды на поверхности ряда окислов металлов. Задача состоит в том, чтобы создать искусственные органометаллические фотокатализаторы, близкие по своим свойствам к ферментным системам метаногенов, образующих водород из воды.

В России такие исследования имеют место быть, но в очень незначительном объеме. Если усилиями ученых будут созданы нанотехнологии по производству водорода из воды под действием света, то это открывает перед человечеством неограниченные возможности производства самого эффективного, экологически чистого и «вечного» источника энергии.

3.4. Разработка регламентов и стандартов для биоэнергетики

Массовое развитие биоэнергетики и, в частности, производство биотоплив, особенно моторных топлив требует разработки государственных положений о регламентах и стандартах на разработку технологических регламентов на разрабатываемые технологии и оборудование производящих биотоплива и стандарты на сами биотоплива – моторные биотоплива, получаемые из разных сырьевых источников термохимическими технологиями и биотехнологиями. Такие регламенты и стандарты должны соответствовать международным регламентам и стандартам.

ФГБУ «РЭА» работает по следующим направлениям:

- Регламенты на производства биоэтанола и биобутанола из гидролизатов древесины, углеводно-крахмалистого непищевого сырья, из «син-газа»;
- Стандарты на биоэтанол и биобутанол;
- Технический регламент на производство биодизеля из рапсового масла и стандарт на биодизельное рапсовое топливо;
- Регламенты на производство биогаза из различных сырьевых источников;
- Стандарты на биогаз при его применении в качестве моторного топлива;
- Регламенты на производство биоводорода разными технологиями;
- Стандарт на биоводород при его использовании в качестве моторного топлива или в топливных элементах.
- Регламент на производство диметил - эфира и стандарт на ДМЭ – как на моторное топливо.
- Регламент на получение жидких углеводов, метилового спирта при «пиролизе» или «газификации» древесины и гемицеллюлоз (солома злаковых) и стандарты на эти вещества.

3.5. Подготовка специалистов в области БИОЭНЕРГЕТИКИ

Широкомасштабное развитие *БИОЭНЕРГЕТИКИ* потребует соответствующие квалифицированные кадры по разработке и созданию промышленных производств по *БИОЭНЕРГЕТИКЕ* и их эксплуатации.

Подготовка инженеров-специалистов по ВИЭ, в том числе, и по БИОЭНЕРГЕТИКЕ ведется в нескольких российских ВУЗах: МЭИ, МВТУ им.Баумана, МГ им. М.В. Ломоносова, МГУИЭ, СПбГПУ, Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия, Кубанский государственный аграрный университет г. Краснодар, ВУЗах Екатеринбурга, Новосибирска, Хабаровска. Действуют советы по присуждению кандидатских и докторских степеней. Однако практически отсутствуют кадры техников и рабочих для обслуживания установок.

При намеченных планах только по вводу Ветроэлектро Станций в России - ВЭС (7000 МВт суммарной установленной мощности к 2020 г.) количество требуемых для их реализации подготовленных квалифицированных инженерно-технических и научных специалистов в России может составить 14-17 тысяч человек, а также примерно такое же число средних технических кадров.

Аналогичные оценки для других видов ВИЭ (малой гидро- и биоэнергетики, геотермальной и солнечной энергетики) приводят к таким же результатам по требуемому числу специалистов. Оцененное количество инженерно-технических специалистов должно быть подготовлено до 2020 г., что требует готовить ежегодно 1400 - 1700 специалистов только по ветроэнергетике на уровне выпускников высшей школы (колледжей, университетов) и столько же специалистов уровня средней специальной школы (техникумов, ПТУ).

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 08.01.2009 суммарные установленные мощности ВИЭ в России к 2020 г. должны составлять около 25 ГВт, что, исходя из принятых оценок (5 – 6 человек на 1МВт установленной мощности), требует подготовки квалифицированных инженерно-технических и научных кадров по ВИЭ численностью до 50 - 60 тысяч при таком же числе средних технических кадров.

При таких потребностях решить эту проблему для России привлечением и переподготовкой уже работающих энергетиков, по всей видимости, нереально в силу имеющегося в настоящее время весьма острого дефицита достаточно опытных специалистов даже в традиционных отраслях отечественной энергетики.

Подготовка кадров для новых отраслей возобновляемой энергетики требует ежегодной под-готовки до 5 - 6 тысяч специалистов по ВИЭ на уровне высшей и столько же специалистов средней специальной школы.

Система средне-технической подготовки специалистов ВИЭ в России в настоящее время отсутствует полностью.

Специализированной подготовкой специалистов в области ВИЭ в современной России занимается около 12-15 ВУЗов, учебные мощности которых номинально позволяют выпускать

ежегодно до 300 - 400 специалистов-инженеров, что в 12 -15 раз меньше требуемого, даже без учета качества подготовки специалистов.

Номинальная численность преподавательского состава как минимум в 10 - 15 раз оказывается ниже требуемой.

Качество подготовки специалистов по ВИЭ и БИОЭНЕРГЕТИКЕ в России в настоящее время не удовлетворяет требуемым международным критериям.

Для успешного решения проблемы подготовки кадров для БИОЭНЕРГЕТИКИ в России необходимо:

- 1) повысить уровень преподавания (в короткие сроки подготовить преподавателей с нужной квалификацией и практическим опытом в области *БИОЭНЕРГЕТИКИ*);
- 2) обеспечить ВУЗы по качеству и количеству методическим материалом (учебными пособиями и лабораторной базой);
- 3) привести в соответствие с международными нормами уровень материально-технической базы высших и специальных учебных заведений;
- 4) создать условия для специализированного практического образования, связанного с необходимостью создания в стране проектно-конструкторских и промышленных предприятий по разработке и производству БИОЭНЕРГИИ И БИОТОПЛИВ;
- 5) принять политическое решение по социальной и производственной востребованности специалистов по *БИОЭНЕРГЕТИКИ*.

Решение проблемы подготовки кадров для БИОЭНЕРГЕТИКИ следует начинать с создания материально-технической базы преподавания и подготовки профессорско-преподавательского состава.

4. МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ ПО РАЗВИТИЮ ВИЭ И БИОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИИ КАК СОСТАВНОЙ ЧАСТИ ПОЛИТИКИ В СФЕРЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ.

Постановлением Правительства РФ от 8 апреля 2010 г. №1р утверждены: "Основные направления государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года". Установлены показатели доли ВИЭ в производстве электроэнергии:

2010 год – 1,5%

2015 год – 2,5%

2020 год – 4,5%

Таблица 6 - Планируемые целевые показатели мощности и производства электроэнергии ВИЭ в РФ [9]

Тип электростанции (ЭС)	Ед-ца измерения	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
ГЭС мощностью <25 МВт	млрд. кВт·ч	2,8	3,5	10,0	20,0
	МВт	680	850	2430	4800
Ветровые ЭС	млрд. кВт·ч	0,0097	0,21	2,6	17,5
	МВт	12	120	1500	7000
Геотермальные ЭС	млрд. кВт·ч	0,4	0,6	2,0	5,0
	МВт	71	90	300	750
ТЭС (на биомассе)	млрд. кВт·ч	5,2	13,5	22,0	34,9
	МВт	1413	2800	5000	7850
Приливные ЭС	млрд. кВт·ч	0,00	0,00	0,024	2,3
	МВт	1,5	1,5	12	4500
Солнечные ЭС	млрд. кВт·ч	0,00002	0,00003	0,002	0,018
	МВт	0,02	0,03	1,5	12,1
Прочие ЭС	млрд. кВт·ч	0	0	0,08	0,5
	МВт	0	0	20	250
Доля ВИЭ (без больших ГЭС)	%	0,9	1,5	2,5	4,5

Для практического развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и биоэнергетики как их составной части в 2011 году Министерство энергетики Российской Федерации совместно с ФГБУ «РЭА» разработали комплекс мер стимулирования производства ВИЭ. Комплекс мер представляет собой перечень мероприятий, направленных на реализацию предусмотренных Федеральным законом от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» механизмов стимулирования использования ВИЭ.

В соответствии с абзацем 37 пункта 1 статьи 21 Федерального закона «Об электроэнергетике» (введен Федеральным законом от 6 декабря 2011 г. № 394-ФЗ) Правительство Российской Федерации определяет механизм стимулирования использования ВИЭ энергии путем:

- продажи электрической энергии, произведенной функционирующими на их основе квалифицированными генерирующими объектами, на оптовом рынке по равновесным ценам оптового рынка с учетом надбавки,
- продажи мощности квалифицированных генерирующих объектов в объеме производства электрической энергии на основе использования ВИЭ с применением механизма торговли мощностью, предусмотренного правилами оптового рынка для продажи мощности указанных генерирующих объектов.

Комплексом мер предусмотрены разработка и внесение в Правительство Российской Федерации проекта постановления Правительства Российской Федерации об определении механизма стимулирования использования ВИЭ путем продажи мощности

квалифицированных генерирующих объектов в объеме производства электрической энергии на основе использования ВИЭ с применением механизма торговли мощностью, предусмотренного правилами оптового рынка для продажи мощности указанных генерирующих объектов.

Механизм стимулирования на основе торговли мощностью генерирующих объектов на основе использования ВИЭ имеет значительно большую социальную приемлемость для потребителей электрической энергии, его реализация позволит уменьшить расходы на стимулирование развития использования ВИЭ за счет снижения инвестиционных рисков, будет способствовать повышению привлекательности инвестиций в сферу возобновляемой энергетики в результате предсказуемости доходов в долгосрочном периоде. Для реализации указанного механизма будут использоваться действующие договорная система, модели ценообразования и иные основные элементы оптового рынка электрической энергии (мощности). Важными преимуществами данной меры являются распространение механизмов стимулирования развития использования ВИЭ на неценовые зоны и изолированные системы, где развитие использования ВИЭ имеет, несомненно, большее социальное и экономическое значение, чем в ценовых зонах оптового рынка.

В соответствии с абзацем 3 пункта 3 статьи 32 Федерального закона «Об электроэнергетике» сетевые организации должны осуществлять компенсацию потерь в электрических сетях в первую очередь за счет приобретения электрической энергии, произведенной на квалифицированных генерирующих объектах, подключенных к сетям сетевых организаций и функционирующих на основе ВИЭ. С целью разработки механизма реализации данной меры стимулирования развития использования ВИЭ комплексом мер предусматривается внесение изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 31 августа 2006 г. № 530 «Об утверждении основных положений функционирования розничных рынков электрической энергии».

Реализация указанной нормы Федерального закона «Об электроэнергетике» откроет путь для широкого участия малого и среднего бизнеса в процессе развития использования возобновляемых источников энергии.

Комплексом мер предусмотрены разработка и внесение в Правительство Российской Федерации проекта постановления Правительства Российской Федерации о внесении изменений в постановление от 4 июня 2008 г. № 426 «О квалификации генерирующего объекта, функционирующего на основе использования возобновляемых источников энергии» для упрощения квалификации. Предполагается установить заявительный порядок

квалификации на любой стадии реализации инвестиционного проекта сооружения генерирующего объекта на основе ВИЭ; дополнить перечень критериев для признания генерирующего объекта квалифицированным критериями, содержащими требования экологической эффективности и локализации на территории Российской Федерации производства части используемого для сооружения таких генерирующих объектов оборудования.

5. Приложение. Технологии биоэнергетики, перспективные для развития в России

В России биоэнергетические технологии развиваются по следующим направлениям:

- 1) изыскание и создание крупномасштабных, высокопродуктивных источников биомассы (фотосинтез, производство древесной биомассы, промышленное разведение растений – продуцентов углеводов, производство углеводсодержащей непищевой биомассы, производство водной биомассы, использование твердых отходов городов);
- 2) биотехнологическая конверсия (получение этилового и других спиртов, органических кислот, растворителей из различных видов биомассы, получение биогаза и водорода);
- 3) термохимическая конверсия (прямое сжигание, газификация, пиролиз, сжижение, фест-пиролиз, синтез) для получения жидкого, твердого и газообразного топлива. Биомасса – это растительный и животный мир и продукты их технической и физиологической переработки, включая многочисленные органические отходы. Биомасса или Биоресурсы - это мощный потенциальный мировой источник топлив и сырья для химии.

Биомасса трансформируется в топливо или энергию методами биологической и термохимической конверсии.

5.1. ТЕРМОХИМИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ БИОМАССЫ В ТОПЛИВО

5.1.1. Прямое сжигание

Прямое сжигание — древнейший, но наименее выгодный процесс с КПД получения тепловой энергии 15-18 %. Однако существуют такие виды биомассы, которые выгоднее сжигать при условии создания тепловых агрегатов с более высоким КПД. К таким видам биомассы относятся:

- солома злаковых и крупяных культур, стебли подсолнечника и кукурузы, из которых готовят топливные гранулы - пеллеты;
- некоторые виды древесины, древесные отходы;
- твердые отходы сельскохозяйственного производства;

- городские твердые отходы;
- отходы производства сахара из сахарного тростника — багасса, которая при прямом сжигании используется для производства пара, электричества, пульпы, бумаги, картона, корма для животных.

5.1.2. Пиролиз

Пиролиз – это термохимическая конверсия сырья без доступа воздуха при температуре 450...550 °С позволяет из 1 м³ абсолютно сухой древесины получать: 140... 180 кг древесного угля, не содержащего ни серы, ни фосфора и используемого для получения лучших сортов стали, 280.. 400 кг жидких продуктов — метанола, уксусной кислоты, ацетона, фенолов; 80 кг горючих газов — метана, моно оксида углерода, водорода [3].

5.1.3. Газификация

Газификация — сжигание биомассы при температуре 900... 1 500 °С в присутствии воздуха или кислорода и воды с получением синтез-газа, состоящего из смеси моно оксида углерода, водорода и стеклообразной массы (7... 10 % массы исходного материала), применяемой как наполнитель для дорожных покрытий. Газификация — более прогрессивный и экономичный способ использования биомассы для получения тепловой энергии, чем пиролиз. Синтез-газ имеет высокий КПД тепловой конверсии. Он может употребляться для получения метанола [3].

5.1.4. Сжижение

Сжигание — производство жидкого топлива из биомассы путем термической конверсии: термический пиролиз или газификация в присутствии катализаторов. Реакции происходят так, чтобы в качестве основного продукта получалось жидкое топливо, и при этом можно производить уголь и газ. [3]

5.1.5. Быстрый пиролиз

Быстрый пиролиз — биомасса в течение короткого времени подвергается воздействию экстремально высоких температур (700... 1 400 °С), в результате которого происходят быстрое разложение исходных продуктов и образование новых соединений: этанола, пропилена, углеводородов, близких к бензину. Газ, получаемый с помощью быстрого пиролиза, содержит водород, метан, этилен, пропилен. Использование быстрого пиролиза биомассы выгоднее, чем пиролиза угля, так как биомасса содержит значительно меньше золы, и ее можно подвергнуть воздействию более низких температур. Этому направлению, очевидно, принадлежит будущее. [3]

5.1.6. Синтез

Синтез — каталитический синтез метанола из газов, образующихся при термической конверсии биомассы. Изменяя температуру и давление, а также используя уникальные катализаторы, кроме метанола можно получить целый ряд других соединений. Промежуточные соединения образуются и из лигнина. Из 1 т древесины можно синтезировать 410...540 л метанола. Если синтез производить в присутствии водорода, получающегося при электролизе воды, то выход метанола увеличивается до 1 400 л. [3]

5.2. Биоэнергетические технологии

К биоэнергетическим технологиям относятся такие процессы, как: биогазовые технологии; производство этанола; получение биодизельных топлив, жирных кислот, растительных углеводов; производство биоводорода, получение тепловой энергии.

5.2.1. Биогазовые технологии.

Биогаз — смесь метана и углекислого газа - продукт метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения, осуществляемого специфическим природным биоценозом анаэробных бактерий различных физиологических групп. Метановое брожение протекает при температурах от 10 до 55 °С в трех четко определенных диапазонах: 10...25 °С — психрофильное; 25...40°С – мезофильное; 52...55 °С — термофильное; влажность составляет от 8 до 99 %, оптимальная 92-93%.

Содержание метана в биогазе варьируется в зависимости от химических свойств сырья и может составлять от 50 до 90 %. В зависимости от природы исходного сырья изменяется и выход биогаза: от 200 до 600 л на 1 т абсолютно сухого вещества.

К настоящему времени разработано и применяется множество технологий получения биогаза, основанных на использовании различных вариаций температурного режима, влажности, концентраций бактериальной массы, длительности протекания биореакций.

5.2.2. Производство этанола.

Этанол, а также другие низшие спирты, альдегиды и кетоны — продукты спиртового брожения разнообразных сахаро- и крахмалосодержащих субстратов. Однако наиболее распространенными видами сырья для производства этанола являются отходы сахарного производства: багасса или меласса (сахарная свекла), а также крахмал кукурузы, сорго, картофеля, пшеницы и риса. В России этанол получают также при брожении гидролизатов древесины (целлюлозы).

Наиболее значительный интерес в мире к жидким биотопливам (особенно к этанолу) для использования на транспорте появился в период с 1970 по 1990 г. и обязан этим высоким

ценам на нефть. В настоящее время в развивающихся странах он имеет тенденцию к продолжению вследствие экологических проблем [3].

В некоторых странах этанол в чистом виде или в смеси с бензином (газохол) широко применялся в 1970-е годы для двигателей внутреннего сгорания.

5.2.3. Биодизельное топливо

Биодизельное топливо имеет те же характеристики, что и обычные дизельные масла, которые могут использоваться в дизельных двигателях. Биодизельное топливо может быть получено из любого маслосодержащего растения — семян рапса, сои, кактусов и т.д.. Преимущество биодизельного топлива состоит в том, что его производство основано на широко известных технологиях получения растительных масел с их дальнейшим метилированием и растительных углеводов.

В 1980-е годы возрос интерес к растительным углеводам. Как правило, эффективные продуценты углеводов и масел являются представителями тропической и субтропической флоры. Однако и в умеренном климате имеются культурные растения, семена которых содержат значительные количества масел, — подсолнечник, конопля, лен, рапс и др.

5.2.4. Экзотермическое окисление.

Получение тепловой энергии активным компостированием (микробное окисление). Использование этого метода для утилизации твердой биомассы и, прежде всего, твердых органических отходов также может внести существенный вклад в энергетику, в частности, в производство тепловой энергии. Метод основан на процессе бактериального окисления твердых органических веществ с образованием тепловой энергии, которая повышает температуру пропускаемого воздуха до 80...90 °С. Путем компрессии температуру выходящих газов можно поднять до 110°С. В некоторых странах, например в Японии, разработаны опытно-промышленные установки КПД которых достигает 95 % [3].

6. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Панцхава Е.С., Беренгартен М.Г., Ванштейн С.И., Биогазовые технологии. Проблемы экологии, энергетики, сельскохозяйственного производства, Москва, 2008, МГУИЭ, ЗАО Центр «ЭКРОС», 217 стр.
2. Панцхава Е.С., Ж, Аналитическая записка «Технические характеристики, международный опыт и целесообразные объемы создания электростанций на основе использования биомассы в РФ.», ЭНИН, Москва, 2009, 46 стр.
3. Разработка национального Плана развития ВИЭ в России., отчет Делегации Европейской Комиссии в России, март 2009, 42 стр., EuropeAid/1169551/C/SV/RU.
4. Панцхава Е.С., Березин И.В., Техническая биоэнергетика., Биотехнология, № 2 (8), 1986, стр. 1 – 12.

- 5.Перспективы развития ВИЭ в России, Программа Европейского проекта TACIS для Российской Федерации, Из-во «Атмограф», М., 2009, 455 стр.
- 6.Безруких П.П., «Экологическая модернизация России - роль науки и гражданского общества», Всероссийская научно-практическая конференция "Энергоэффективность и проблемы развития возобновляемой энергетики", Москва, Центр «Дубровский», 25-26 Октября 2010 г.
- 7.Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатель по территориям), Под редакцией Безруких П.П., Москва, ИАЦ «Энергия», 2007, 270 стр.
- 8.Костина Г., Биотехнология – нефтяным магнатам., ж. Эксперт, 2005, www.expert.ru
- 9.Развитие рынка биотоплива в мире и в Российской Федерации, ФГБУ РЭА, 2011, 56 стр.