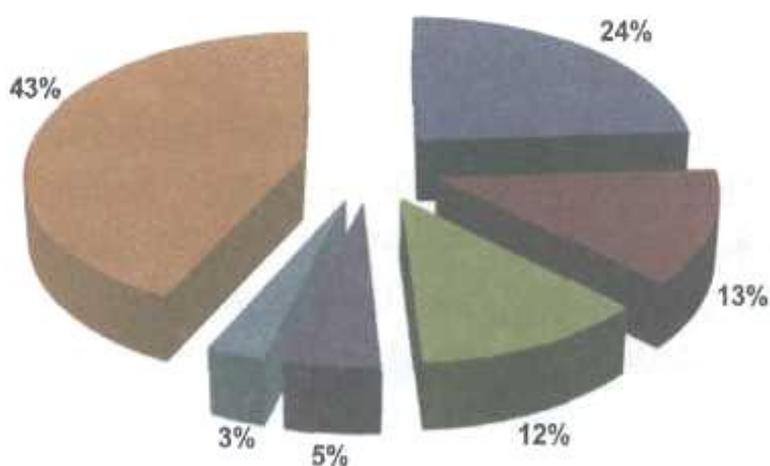


## АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ ОРГАНИКИ



Издательство “Фан” Академии Наук  
Республики Узбекистан  
Ташкент – 2013

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**БУХАРСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО ИНСТИТУТА  
ИРРИГАЦИИ И МЕЛИОРАЦИИ**

**Ш.Ж.Имомов, Hwang Sang Gu, К.Э.Усмонов, Э.Б.Шодиев, Т.Х.Каюмов**

# **АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ ОРГАНИКИ**

Издательство “Фан” Академии Наук  
Республики Узбекистан  
Ташкент – 2013

УДК 620.95  
ББК

В монографии дана оценка потенциала альтернативным топливам и эффективности ее применения в аграрном секторе экономики. Представлены пилотные проекты, реализуемые в ряде регионов, по переработке биомассы, получению сырья для биотоплива и биодобавок к топливу. Рассмотрено производство биологических видов топлива на основе расширения посевов гуза-паи, рапса, кукурузы, сорго и других высокоэнергетических культур, а также стимулирования экспортного потенциала Узбекистана по биотопливу и сырью для его производства.

Разработаны меры по поддержке инновационной и инвестиционной деятельности в этом направлении. Определены тенденции и приоритетные направления развития биоэнергетики в мире. Показана возможность использования продуктов анаэробного брожения органических отходов, биоэтанол-вырабатываемой из сельскохозяйственной продукции и из отходов консервных заводов, а также биодизельное топлива – относительно нового вида экологически чистого топлива. Приведены данные касающиеся технологии и оборудования процессов, а также результаты практической эксплуатации экспериментальных и производственных установок.

Для специалистов ...

Органические удобрения

**Ответственный редактор:**

**Рецензенты:**

доктор технических наук, профессор *К.Шарипов*

доктор сельскохозяйственных наук, академик РНАН *У.Т. Тожиев*

ISBN 978-9943-19-...-...

© Издательство “Фан” АН РУз, 2013 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Постоянно растущие потребности мировой и национальной экономики в энергии обуславливают необходимость развития альтернативного топлива, в частности, биоэнергетики. Это также диктуется решением глобальных проблем, связанных с ограниченностью запасов ископаемых видов энергии и обеспечением экологической безопасности – выполнения принятых обязательств в рамках Киотского протокола.

Основные виды альтернативного топлива несут в себе новые технологии, которые потребуют для массового внедрения в энергетический баланс нового вида топлива серьезной, политической и экономической поддержки со стороны государства. Альтернативное топливо, аккумулирующее в себе солнечную энергию в форме углеводов растительного происхождения, служит исходным сырьем для выработки биотоплива в твердом, жидком и газообразном виде в зависимости от технологии переработки.

Имеющийся в республике ресурсный потенциал биомассы практически неисчерпаем.

Развитие биоэнергетики в Узбекистане является весьма актуальной государственной задачей по снижению энергозависимости сельскохозяйственного производства, обеспечению животноводства кормовым белком, созданию дополнительных рабочих мест и дополнительному производству в аграрном секторе экономики конкурентоспособной, экспортной продукции.

При подготовке издания использованы научные публикации и документы конгресса в Москве [38] 26–27 ноября 2008 г., прошедшего в рамках Московской международной конференции «Биотопливо – 2007» (1 октября 2007г.), Третьего международного конгресса "Топливный биоэтанол – 2008" (23–24 апреля 2008г.,г.Москва), 1-й Международной специализированной выставки "Альтернативная энергетика" (24–26 апреля

2008 г., г. Москва), международных выставок «Агротехника – 2005» и «SIMA – 2007», семинара «Перспективы развития биогазовых установок в Республике Узбекистан» в рамках проекта ПРООН и правительства Республики Узбекистан «Поддержка Узбекистана в переходе на путь низкоуглеродного развития национальной экономики» (20 июля 2011 г., г. Ташкент), а также материалы посещения узбекистанскими специалистами предприятий США, Германии, Нидерландов, Южной Кореи, России и Республики Казахстан с целью изучения технологических процессов и организационно-экономических условий работы предприятий биоэнергетики.

## **ИСТОЧНИКИ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ОРГАНИКИ**

### **1.1. Общие положения**

Цивилизованный мир давно пришел к пониманию широкой интеграции в области развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что связано, прежде всего, с истощением углеводородных энергоресурсов, глобальным изменением климата и экологическим ущербом, нанесенным их использованием.

В условиях нарастающего дефицита энергоносителей и существенного увеличения стоимости всех видов энергии исключительно актуальными во всем мире становятся мероприятия по экономии энергоресурсов, внедрению новейших технологий для топлива, энергосбережения и рационального использования топлива, электрической и тепловой энергии.

В связи с ограниченностью запасов ископаемых источников энергии задача удовлетворения нарастающих потребностей населения и промышленности в топливе, электрической и тепловой энергии привела к необходимости применения возобновляемых источников энергии.

**Возобновляемые источники энергии** – это источники, образующиеся на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненных циклов растительного и животного мира и жизнедеятельности человеческого общества, в названии которых отражаются источники его возникновения (солнечная, геотермальная, гидравлическая и др.), природное явление (ветровая, волновая, приливная и др.) или вид энергоносителя (биомасса, «шахтный» газ и др.).

Человечеству не грозит энергетический кризис, связанный с истощением запасов нефти, газа, угля и урана, если оно освоит технологии использования возобновляемых источников энергии и сможет найти оптимальное сочетание применения возобновляемых и истощаемых ресурсов.

В этом случае будут решены проблемы загрязнения среды обитания выбросами электростанций, транспорта и мобильных агрегатов, обеспечения качественными продуктами питания, получения образования, медицинской помощи, увеличения продолжительности жизни и повышения ее качества.

Решающими факторами развития возобновляемой энергетики являются:

- снижение зависимости от импорта энергоресурсов (энергетическая безопасность);

- ограничение вредного влияния на окружающую среду, в том числе необходимость сокращения эмиссии парниковых газов (экологическая безопасность);

- стремление сохранить собственные невозобновляемые энергоресурсы для будущих поколений и на случай чрезвычайных обстоятельств.

Возобновляемые источники энергии как производные солнечной активности можно подразделить на следующие две категории: первичные и вторичные возобновленные источники энергии.

**Первичные возобновляемые источники энергии** – это солнце, воздушные и водные потоки, энергия которых преобразуется непосредственно на преобразователях различного рода в необходимую для жизнедеятельности энергию.

**Вторичные возобновляемые источники энергии** – это биомасса, использование которой требует переработки с определенными энергетическими затратами в газообразные, жидкие и твердые виды топлива.

**Биомасса** – продукт образования в клетках зеленых растений, водорослей и в некоторых микроорганизмах углеводов из углекислоты и воды под действием света, погашаемого светочувствительным пигментом – самого мощного на планете преобразователя солнечной энергии и последующей многообразной пищевой цепочки, основного источника топлива и энергии, включая и ископаемое органическое топливо, как конечный продукт переработки древнейшей биомассы. Биомасса – это растительный и животный мир и продукты их технической и

физиологической переработки, в том числе и многочисленные органические отходы. Биомасса или биоресурсы являют собой мощный, потенциальный, мировой источник топлива и сырья для химической промышленности.

Содержание биомассы в биосфере оценивается в 800 млрд т, причем 90% приходится на древесину, из них 70 млрд т накапливается в континентальных лесах с общим энергосодержанием, втрое превышающим современное мировое потребление энергии.

Для сравнения следует отметить, что разведанные запасы угля оцениваются в 500 млрд. т, нефти – 200 млрд, природного газа – 100 млрд т (по углю). Ежегодный прирост биомассы на земле составляет 220 млрд. т, что позволяет запастись в виде энергии химических связей до  $4 \times 10^{21}$  Дж энергии.

Ежегодное мировое коммерческое использование всей энергии составляет  $3.9 \times 10^{20}$  Дж, что в 10 раз меньше запасаемой энергии. Например, энергетическое содержание производимых в мире сельскохозяйственных отходов составляет  $93 \times 10^{18}$  Дж в год. Допуская, что их можно использовать только 25%, отходы могут обеспечить выработку около 7% мировой энергии.

Интерес к использованию биомассы как источника энергии вызван следующими положительными обстоятельствами:

- биомасса постоянно возобновляется;
- энергия, запасенная в биомассе, может храниться и использоваться длительное время;
- биомасса конвертируется в различные виды топлива;
- к настоящему времени разработано и создано значительное количество биоэнергетических технологий, пригодных к использованию;
- имеются реальные перспективы в развитии биоэнергетической отрасли;
- отмечается широкое вовлечение в энергетику различных видов органических отходов;

- в ряде регионов биоэнергетика более экономически выгодный либо основной вид энергии;

- биоэнергетика служит источником экологически чистой энергии, не образующей вредные газообразные оксиды серы и не изменяющей баланс углекислого газа в биосфере.

Между тем эта новая отрасль энергетики имеет и свои негативные стороны:

- для производства энергетической биомассы необходимы земельные площади, вода, удобрения и т.д., требуются преобразования в сельскохозяйственной и лесоводческой практике;

- стоимость биоэнергии в ряде случаев превышает стоимость традиционных источников энергии;

- биомассу экономически выгодно использовать только локально;

- значительная часть биомассы содержит более 50% воды, что удорожает технологии ее переработки в топливо и энергию;

- продуктивность биомассы зависит от климата и агроусловий, некоторые виды ее сезонны;

- фотосинтез имеет малый КПД;

- технологии конверсии биомассы в топливо пока недостаточно эффективны;

- биомассу сложнее хранить, чем нефть или природный газ.

Количество и виды топлива, получаемого из биомассы, зависят не только от общих объемов воспроизводимой биомассы, но и от ее качества (влажности, состава органических веществ, физических особенностей и т.д).

## **1.2. Альтернатива энергии на основе органики в мире**

На сегодняшний день доля ВИЭ в мировом энергетическом балансе невелика – порядка 14%, а вклад биомассы – около 1.8%. Но, как показывает практика, даже незначительные колебания в предложении на рынках

энергетических ресурсов вызывают заметные изменения цен. Это говорит о том, что роль альтернативной энергетики в укреплении стабильности на рынках этих ресурсов в перспективе будет только расти.

В структуре альтернативной энергетики в мире энергия биомассы составляет до 13% (рис. 1.1). По прогнозам ученых, доля возобновляемых источников энергии к 2040 г. достигнет 47.7%, а вклад биомассы – 23.8%.

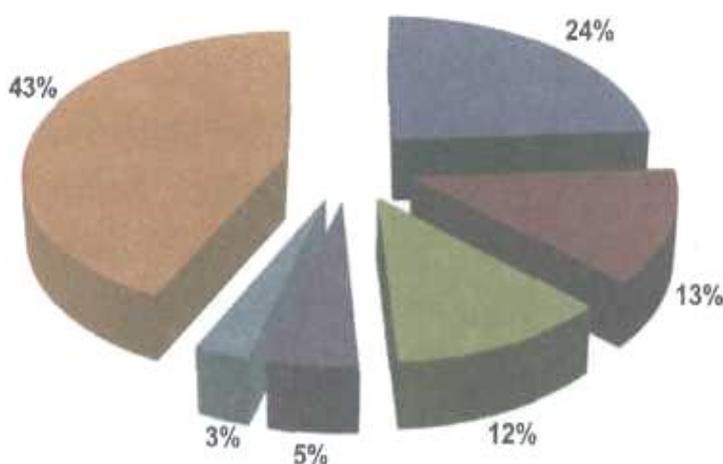


Рис.1.1. Структура альтернативной энергетики в мире: энергия малых рек (24%); энергия биомассы(13%); низкопотенциальное тепло (12); солнечная энергия(5%); энергия ветра(3%); энергия тепла земли (43%)

Эффективному, энергетическому использованию биомассы в последнее время уделяется особое внимание. В пользу этого имеются следующие аргументы:

- использование растительной биомассы при условии ее непрерывного восстановления (например, новые лесные посадки после вырубки леса) не приводит к увеличению концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере;
- излишки обрабатываемой земли в промышленно развитых странах целесообразно использовать под возделывание энергетических культур;
- использование отходов (сельскохозяйственных, промышленных и бытовых) на энергетические цели решает также экологические проблемы;
- вновь созданные технологии позволяют использовать биомассу более

эффективно.

Потенциал биомассы, пригодной для энергетических целей, в большинстве стран достаточно велик, и его эффективному использованию уделяется значительное внимание.

При общем производстве энергии в мире 10 млрд т нефтяного эквивалента (н.э.) вклад биомассы в 2001 г. составил 1.1–1.2 млрд т н.э., а суммарный вклад всех ВИЭ – 1.36 млрд т н.э. В 2004 г. вклад биомассы в общий энергобаланс Европейского Союза (ЕС) (25 стран) составлял 4.13% от общего объема потребляемых энергоресурсов, а вклад ВИЭ – 6.26%.

Европейская ассоциация биомассы (АЕВЮМ) в 2007 г. опубликовала статистический отчет об использовании биомассы в странах Европейского союза [46,47]. Отчет касается оценки потенциала биомассы в энергосистемах Европы, роли биомассы в производстве тепла, электроэнергии, моторного биотоплива и биогаза.

В отчете энергия измеряется в мега (миллионах) тоннах нефтяного эквивалента:

$$1 \text{ Мтн. э.} = 11.63 \text{ ТВт}\cdot\text{ч} = 11.63 \times 10^6 \text{ МВт}\cdot\text{ч}.$$

Биомасса составляет около двух третей всех возобновляемых источников энергии в Европе. Даже в абсолютных цифрах, как утверждает президент АЕВЮМ Хайнц Копетц, это наиболее быстро растущий сектор энергетики. Общее потребление произведенной на ВИЭ составило в 2004 г. 109.6 млн т н.э. (М. тнэ), из которых на долю биотоплива приходилось 72.3 М. тнэ, т.е. 66%. Впрочем, на фоне общего энергопотребления в Европе, достигшего в 2005 г. 1747 М. тнэ, доля биомассы составила лишь 4.13%.

Последнее десятилетие характеризуется высокими темпами роста объема ВИЭ в ЕС, особенно биомассы (табл. 1.1). По различным причинам – историческим, экономическим, техническим биомасса используется неравномерно. Из 72.3 М.тнэ 66.8 % идет для производства тепла, 30.5 – для производства энергии и 2.7% – для производства жидкого моторного

топлива. Источником биомассы служат лесное (61.5 М.тнэ) и сельское хозяйство (3.5 М.тнэ), а 7.3 М.тнэ производится из отходов.

*Таблица 1*

**Показатели использования ВЭР в ЕС в 1995–2004 гг., М.тнэ**

Виды ВИЭ	1995 г., М.тнэ	2004 г., М.тнэ	2004 г. к 1995 г., ±
Биомасса	44.8	72.3	+2771
Гидроресурсы	26.4	26.1	-0.3
Ветровые установки	0.4	5	+4.6
Солнечные тепловые Установки	0.3	0.7	+0.4
Геотермальные воды	2.5	5.4	+2.9
Фотовольтаж	0	0.1	+0.1
<b>Всего</b>	<b>74.4</b>	<b>109.6</b>	<b>+34.8</b>

Уровень использования биомассы в разных странах ЕС различается и зависит от доступности ресурсов биомассы, плотности населения, исторического опыта развития энергетики и эффективности политической поддержки [31,38,95].

В табл. 1.2 приведены данные по потреблению энергоресурсов (ПЭР) в европейских странах за 2004 г., ранжированные по объемам энергопотребления, ВИЭ и биомассы. По объему использования биомассы лидируют Франция, Германия, Швеция и Финляндия, в долях от внутреннего потребления энергоресурсов – Латвия, Финляндия, Швеция и Дания.

В Латвии, которая следует примеру скандинавских стран, произведенная на биомассе энергия составляет 29.7% от общего потребления (4.4 М.тнэ). Во Франции на биомассе в 2004 г. произведено 11.9 М.тнэ (4.4% от общего потребления в 270.6 М.тнэ).

*Таблица 1.2*

**Энергопотребление в 25 Европейских странах в 2004 г.**

Страна	ПЭР. М.тнэ	ВИЭ. М.тнэ	Биомасса. М.тнэ	ВИЭ от ПЭР.%	Биомасса от ПЭР.%
1	2	3	4	5	6
Германия	347.7	13.76	9.37(2)	3.95	2.69
Франция	273.7	17.3	1.92(1)	6.32	4.35
Великобритания	232.1	3.67	3.05	1.58	1.31
Италия	184.8	12.53	3.79	6.78	2.05
Испания	140.2	8.98	4.85(5)	6.4	3.45
Польша	92.5	4.32	4.12	4.67	4.45
Нидерланды	82.3	2.36	2.17	2.86	2.63
Бельгия	54.8	1.16	1.12	2.11	2.04
Швеция	53.1	14.13	8.88(3)	26.61	16.72(3)
Чехия	43.6	1.36	1.19	3.12	2.72
Финляндия	37.7	8.8	7.49(4)	23.34	19.86(2)
Австрия	32.7	6.77	3.45	20.7	10.55
Греция	30.6	1.56	0.95	5.09	3.1
Португалия	26.2	3.89	2.87	14.84	10.95(5)
Венгрия	26.2	0.97	0.86	3.7	3.28
Дания	20	2.93	2.37	14.6	11.85(4)
Словакия	18.6	0.74	0.38	3.97	2.04
Ирландия	15.7	0.32	0.21	2.03	1.33
Литва	9.2	0.73	0.69	7.93	7.5
Словения	7.1	0.82	0.47	11.54	6.61
Эстония	5.6	0.61	0.6	10.89	10.7
Люксембург	4.7	0.07	0.05	1.48	1.06
Латвия	4.6	1.65	1.37	35.86	29.78(1)
Кипр	2.5	0.09	0.005	3.6	0.2
Мальта	0.9	-	-	-	-
<b>В с е г о</b>	<b>1747.2</b>	<b>109.53</b>	<b>72.274</b>	<b>6.26</b>	<b>4.13</b>

«План действий ЕС» по использованию биомассы, принятый Европейской комиссией в 2006 г., определил уровень ее использования к 2010 г., М.тнэ:

- для производства тепла – 75;
- для производства электроэнергии – 55;
- для производства жидкого моторного топлива – 19.

Это означало, что использование биомассы для производства тепла должно вырасти в 1.5 раза, электроэнергии - в 2, моторного топлива – было в 9 раз. За два года производство моторного топлива утроилось и к 2006 г. достигло 5.6 М. тнэ [31,50].

Всего планировалось произвести 149 М.тнэ биомассы. Однако реальный рост производства ВИЭ пока отставал от ранее намеченного, в связи с чем в 2007 г. был предложен скорректированный «Курс использования ВИЭ» (Roadmap) (табл. 1.3).

*Таблица 1.3*

**План использования возобновляемых источников энергии до 2020 г.  
(Roadmap), М. тнэ**

Вид возобновляемых источников энергии	2004 г.	2010 г.	2020 г.
Общее потребление энергоресурсов	1747	1761	1633
Биомасса	71.9	125	235
Гидроресурсы	26.1	30.6	33
Ветровые установки	5	15.4	43.9
Солнечные тепловые установки	0.7	2	12
Геотермальные установки	5.4	8.2	16.4
Фотовольтаж	0.1	0.8	5.3
Солнечные электроустановки	0	0.2	0.8
Приливные	0	0.2	1.3
Всего возобновляемые источники энергии:	109.2	182.4	348

Использование биомассы ограничено, прежде всего, наличием ее в той или иной стране. По расчетам, для обеспечения пищевых потребностей населения необходимо 0.16 га пашни на душу населения (сюда не включен традиционный импорт белкового сырья для промышленности). Общая площадь пахотной земли в Европе – 108756 тыс. га, население – 489.4 млн. Это означает, что более 30 млн га могут быть использованы для производства энергии.

По расчетам Европейского экологического агентства, производство энергетической биомассы в ЕС достигнет к 2020 г. – 235 М.тнэ. В дополнение к увеличению использования отходов лесопользования, сельскохозяйственной продукции и др. будет расти и импорт биомассы из других регионов мира. АЕВЮМ оценивает импорт к 2020 г. в 25 М.тнэ биомассы.

В последнее время широко обсуждается вопрос о том, какой способ использования биомассы наиболее эффективный, так как ресурсы биомассы ограничены. Многие считают, что наиболее эффективно производство тепла, где КПД достигает 90%, хотя эта отрасль в последнее время менее интенсивно, чем другие. При совместном производстве тепла и электроэнергии, а также при производстве биогаза КПД колеблется от 50 до 90% в зависимости от технологии.

Производство жидкого моторного топлива (главным образом, этанола и биодизеля) менее эффективно: КПД в самых оптимальных условиях в настоящее время не превышает 55–60%, очень многое зависит от того, какая сельскохозяйственная культура используется и какова ее урожайность. В настоящее время существуют тенденции построения многоцелевых комбинатов, производящих моторное топливо, тепло и электроэнергию, и использования отходов производства биоэтанола, например, для производства биогаза.

Современная энергетика и научная дисциплина, связывающие воедино решение проблем получения топлива из биомассы и охраны окружающей среды, получили название «Биоэнергетика».

Биоэнергетика - фундаментальное и прикладное направление, возникшее на границе современных биотехнологий, химической технологии и энергетики, изучающая и разрабатывающая пути биологической конверсии солнечной энергии в топливо и биомассу, а также биологическую и термохимическую трансформацию возобновляемых в топливо и энергию.

Внедрение в народное хозяйство достижений биоэнергетических технологий, прежде всего, зависит от решения задач, связанных с интенсификацией процессов конверсии органического сырья в топливо и крупномасштабным производством самой биомассы. Только при серьезных фундаментальных исследованиях можно создать высокоэффективную отрасль народного хозяйства, отвечающую всем научно-техническим требованиям.

Решение проблем биоэнергетики определяется развитием таких направлений, как:

- изыскание и создание крупномасштабных, высокопродуктивных источников биомассы (фотосинтез, производство древесной биомассы, промышленное разведение растений - продуцентов углеводов, производство углеводсодержащей непищевой биомассы, водной биомассы, использование твердых отходов городов);

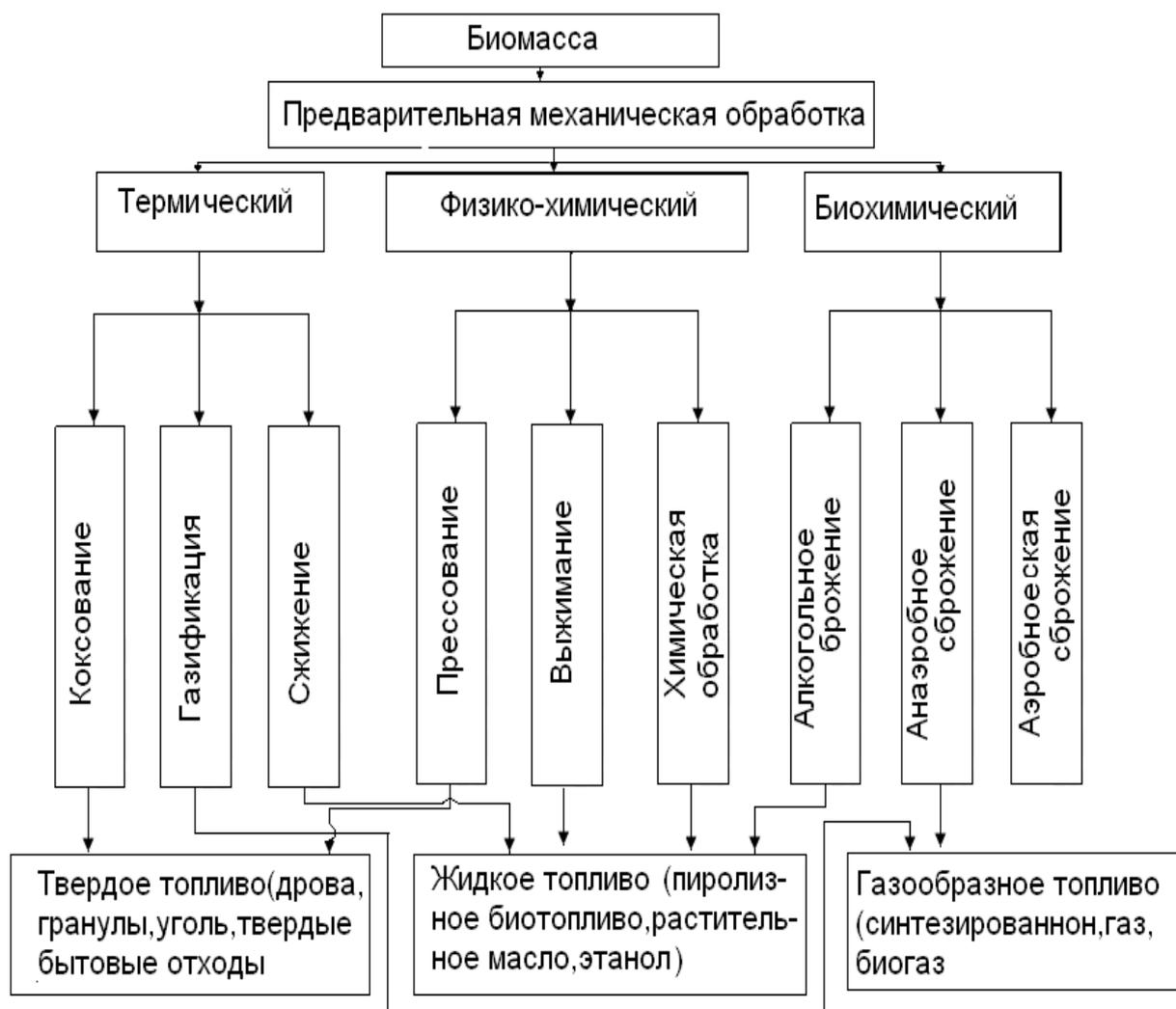
- физико-химический и биохимический методы (получение этилового и других спиртов, органических кислот, растворителей из различных видов биомассы, биогаза и водорода, пеллет и гранул);

- термохимический метод (прямое сжигание, газификация, пиролиз, сжижение, флестпиролиз, синтез) для получения жидкого, твердого и газообразного топлива.

Методы переработки и энергетического использования биомассы приведены на рис. 1.2.

К биохимическому и физико-химическому методам относятся такие процессы, как биогазовые технологии; производство этанола; получение биодизельных топлив, жирных кислот, растительных углеводов; производство биоводорода, получение тепловой энергии, производство топливных гранул.

**Производство этанола.** Этанол, как и другие низшие спирты, альдегиды и кетоны – продукты спиртового брожения разнообразной сахаро- и крахмалосодержащей перерабатываемой биомассы. 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 [88,91]. В Узбекистане этанол получают пока соковых выжимок перерабатывающих заводов, а в России – также и при брожении гидролизатов древесины (целлюлозы).



**Рис. 1.2. Методы переработки биомассы.**

**Биодизельное топливо** имеет те же характеристики, что и обычные дизельные топлива, которые используются 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 технологиях получения растительных масел с их дальнейшим метилированием.

Как правило, эффективные продуценты углеводов и масел являются представителями тропической и субтропической флоры. Однако и в умеренном климате произрастают культурные растения, семена которых содержат значительное количество масел: подсолнечник, конопля, лен, рапс и др.

**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°C. Путем компрессии температуру выходящих газов можно поднять до 110°C. В некоторых странах, например в Японии, разработаны опытно-промышленные установки, КПД которых достигает 95%.

К термохимическим методам переработки биомассы в топливо относятся прямое сжигание, пиролиз, газификация, сжижение, быстрый пиролиз, синтез.

**Прямое сжигание** – древнейший, но наименее выгодный процесс с КПД получения тепловой энергии 15–18%. Однако существуют такие виды биомассы, которые выгоднее сжигать в тепловых агрегатах с более высоким КПД. К таким видам биомассы относятся:

- солома злаковых и крупяных культур, стебли подсолнечника и кукурузы, из которых производят топливные гранулы;
- 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. В 1995 г. во всем мире было получено около 200 млн. т багассы, из которых 95% использовалось как топливо при производстве сахара, заменив 40 млн. т нефти.

**Пиролиз** – термохимическая конверсия сырья без доступа воздуха при температуре 450–550°C, позволяющая получать из 1 м<sup>3</sup> абсолютно сухой

древесины 140–180 кг древесного угля, не содержащего серы, фосфора, используемого для получения лучших сортов стали, 280–400 ед. жидких продуктов (метанола, уксусной кислоты, ацетона, фенола), 80 кг горючих газов (метана, монооксида углерода, водорода).

**Газификация** – сжигание биомассы при температуре 900–1500°C в присутствии воздуха или кислорода и воды с получением синтез - газа, состоящего из смеси монооксида углерода, водорода и стеклообразной массы (7–10%-ной 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 и может употребляться для получения метанола.

**Сжижение** – производство жидкого топлива из биомассы путем термической конверсии: термический пиролиз или газификация в присутствии катализаторов. Основной продукт реакции – жидкое топливо, при этом можно дополнительно производить уголь и газ.

**Быстрый пиролиз** – биомасса в течение короткого времени подвергается воздействию высоких температур (700–1400°C), в результате чего 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 пиролиз угля, так как биомасса содержит значительно меньше золы и разлагается при более низких температурах.

**Синтез** – каталитический синтез метанола из газов, образующихся при термической конверсии биомассы. Изменяя температуру и давление, а также используя уникальные катализаторы, кроме метанола, можно получать и другие соединения. 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 увеличится до 1400 л.

В настоящее время в соответствии с классификацией, утвержденной Директивой ЕС от 8 мая 2003 г. № 2003/30 ES «О мерах по аудированию использования биологического топлива и других видов возобновляемого топлива в транспортном секторе», получили наибольшее распространение следующие виды биотоплива:

**биогаз** – топливный газ, производимый из биомассы и или из биологически разлагаемых компонентов отходов и используемый в качестве биотоплива, который может быть очищен до качества природного газа (химическая формула –  $\text{CH}_4$ ), с получением сопутствующих продуктов (органических удобрений, топливных брикетов);

**биоэтанол** – этиловый спирт, производимый из биомассы и/ или биологически разлагаемых компонентов отходов и используемый в качестве биотоплива (химическая формула –  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) с получением сопутствующих продуктов (барды, жома и т.д.);

**биодизель** – сложный метиловый эфир с качеством дизельного топлива, производимый из масла растительного или животного происхождения и используемый в качестве биотоплива;

**твердое** – пеллеты, брикеты, производимые из биомассы путем ее переработки и прессования и используемые в качестве печного топлива в быту для получения тепла или электроэнергии.

Анализ мирового опыта показывает, что развитие производства биотоплива наиболее целесообразно на основе масличных культур (биодизельное топливо), углеводородсодержащих составляющих (биоэтанол), растительного сырья и отходов животноводства (биогаз).

Активное использование возобновляемых источников энергии из сельскохозяйственного сырья в странах американского континента (США, Бразилия, Канада), Азии (Япония, Китай) и Европы (Германия, Финляндия, Италия, Испания, Швейцария, Франция и др.) является одним из приоритетов

национальных политик. Переход ряда стран на применение биотоплива связан с расширением использования экологически чистых и возобновляемых видов топлива. Так, в Японии сторонники применения биотоплива делают основной упор не на экономическую эффективность использования этого вида топлива, а на его экологические свойства (отсутствие выбросов серных окислов, более чем трехкратное снижение выбросов сажи по сравнению с обычным дизельным топливом, менее опасное воздействие на здоровье человека и окружающую среду в целом).

Высокие цены на нефть и газ, установившиеся в последние годы на мировом рынке, стимулируют развитие производства заменителей традиционного топлива из возобновляемых источников сырья.

В 2005 г. было произведено более 30 млн т только моторного биотоплива. Динамика данного сектора впечатляет: в среднем рост составляет 15–20% в год.

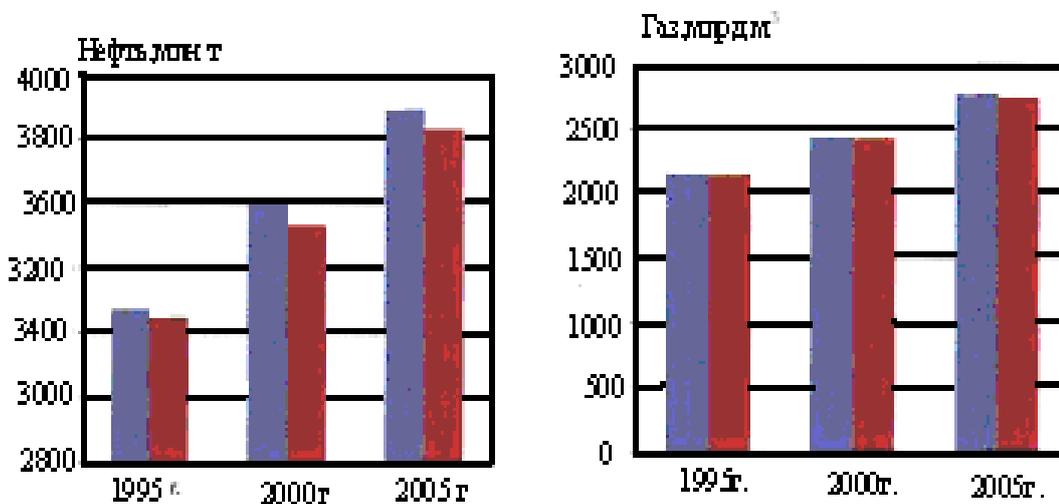
Многие государства в мире активно переходят на экологически чистое топливо для двигателей из ВИЭ. Для стимулирования данных процессов разработан целый комплекс мер: законодательное регулирование, индикативное планирование объемов производства, льготное налогообложение, бюджетная поддержка и мн. др. Так, к 2010 г. в Бразилии, странах ЕС и ряде других государств доля биотоплива в общем потреблении доведена до 5% и более. Во многих странах (даже «нефтегазоизбыточных») созданы специальные органы исполнительной власти, управляющие и координирующие реализацию программ в области производства альтернативных видов энергии.

В настоящее время по объему производства биотоплива среди стран ЕС лидирует Германия - ее рыночная доля достигает 3.75%. За ней следуют Швеция и Франция. В структуре потребления первичных видов топлива в Германии на долю биодизельного топлива приходится 3%, растительного масла – 0.33, биоэтанола – 0.27, дизельного топлива – 51.4 и автомобильного бензина – 45%. В Германии к 2010 г. доля биотоплива в общем топливном

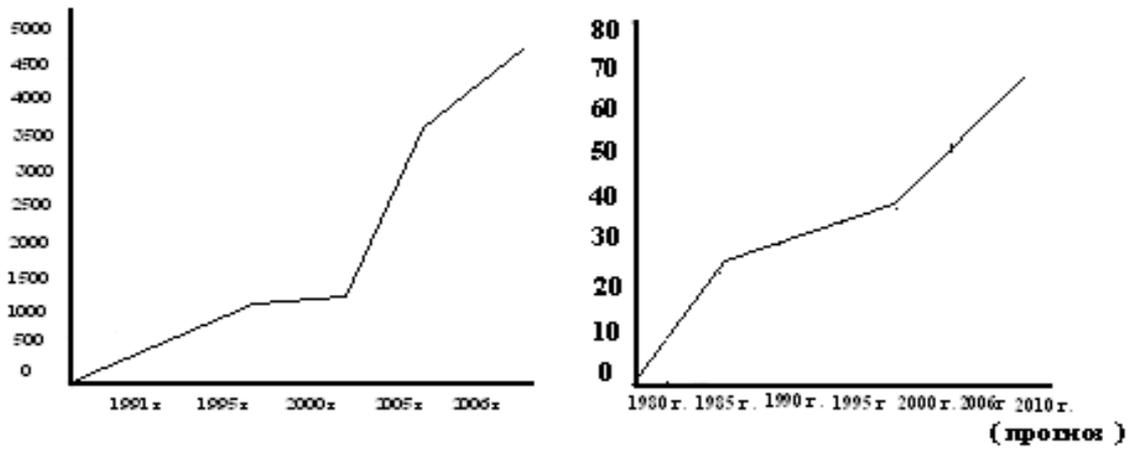
балансе была доведена до 6.75% вместо ранее запланированных правительством 6% [53,60].

Согласно прогнозу международной энергетической ассоциации (МЭА), мировое производство биотоплива увеличится с 20 млн т энергетического эквивалента нефти, а 2005 г. до 92–147 млн т в 2013 г., ежегодные темпы прироста производства составят 7–9%. Таким образом, к 2030 г. доля биотоплива в общем объеме в транспортной сфере составит 4–6%. При этом наибольшим будет прирост производства этанола, поскольку ожидается, что производственные затраты на выпуск будут сокращаться быстрее, чем на биодизель. Проведенный анализ мирового производства и потребления углеводородного сырья (рис. 2.3,а) и биотоплива (рис.2.3,б) характеризуется следующими данными: среднегодовые темпы роста объемов производства ископаемых видов топлива за 2000–2005 гг. составили 1.6–2.8%, производства биоэтанола – 31.7, дизельного биотоплива – 80.7%.

**кисл** Добыча; **кисл** потребление



а)



б)

Рис. 1.3. Динамика мирового производства и потребления углеводородного сырья (а), а также производства моторного биотоплива в мире (б).

Таким образом, биоэнергетика позволит решить проблему получения топлива посредством возобновляемых источников энергии.

