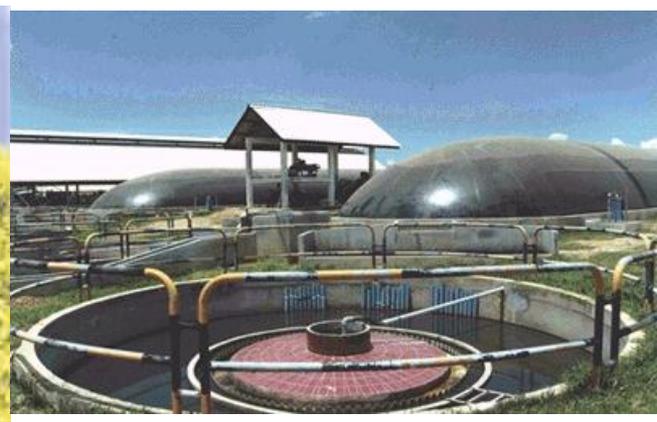


Отходы сельского хозяйства в качестве источника биомассы для достижения устойчивой энергетики

*Международный научно-практический форум по ВИЭ и
энергоэффективности*

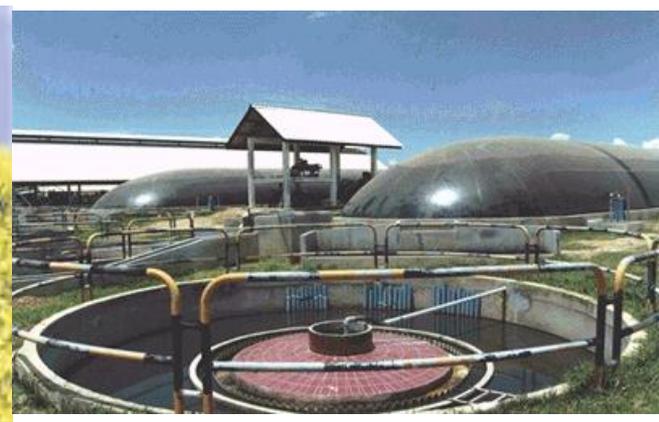
27 июня 2012 г., Минск (Республика Беларусь)

(Мирко Барз)



Содержание:

- **Мотивация**
- **Роль биомассы в системе возобновляемой энергетики**
- **Отходы сельского хозяйства как источник энергии**
- **Пример «Солома в качестве источника энергии»**
- **Технологии конверсии биомассы**
- **Содействие, оказываемое ЕС биоэнергетическим проектам**



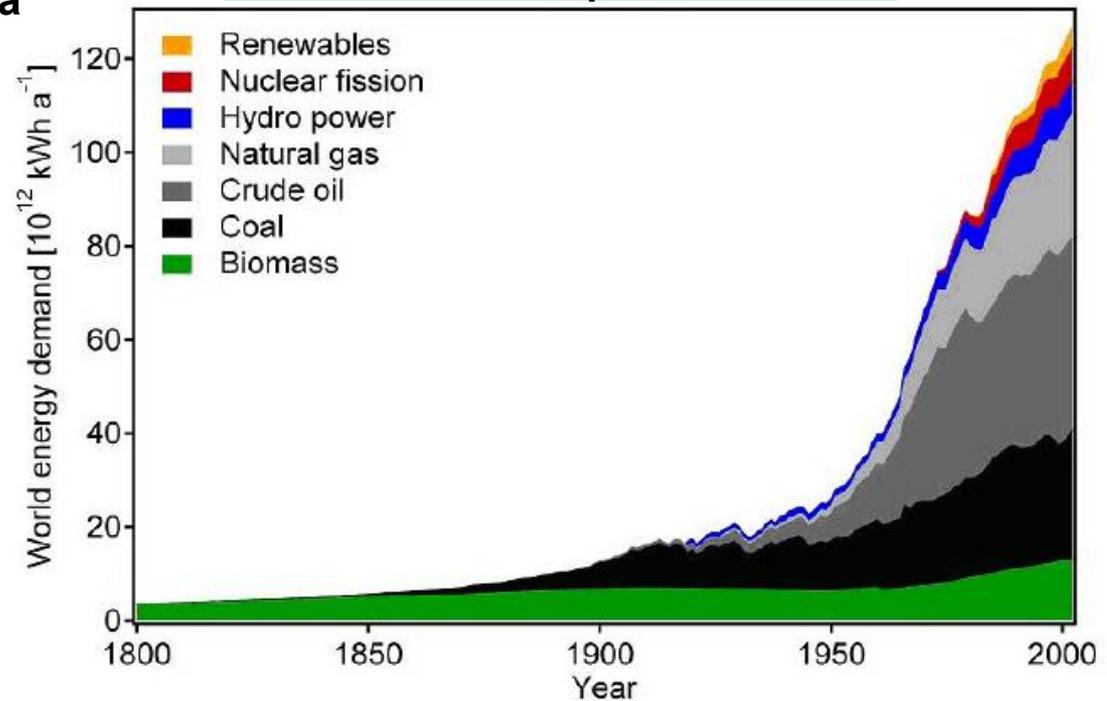
Мотивация

Экологические, социально-экономические вызовы нынешнего 21 века!



Энергообеспечение
как основная задача

Объем мирового потребления
энергии



Quelle: Empa - Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt an der ETH Zürich (Informationsdiens Wissenschaft)

Мотивация

Современное состояние мировой энергетики

Главную роль в энергетике играют ископаемые виды топлива!



- Проблемы экологии
 - глобальное потепление,
 - загрязнение атмосферного воздуха (выброс вредных веществ, кислотные дожди и т.д.)
 - опустошенные ландшафты после добычи ископаемых видов топлива
- Ограниченные ресурсы ископаемых видов топлива
- Зависимость от импорта ископаемых видов топлива
 - политический кризис в странах ближнего и среднего востока
 - конкуренция (боевые действия)
- Тенденция к росту в сфере ископаемых видов топлива
 - рост цен на сырую нефть
- Ответственность за другие поколения.....



Потребность в развитии устойчивой энергетики!

Отличительные свойства устойчивой энергетики:

HTW –UT/RE

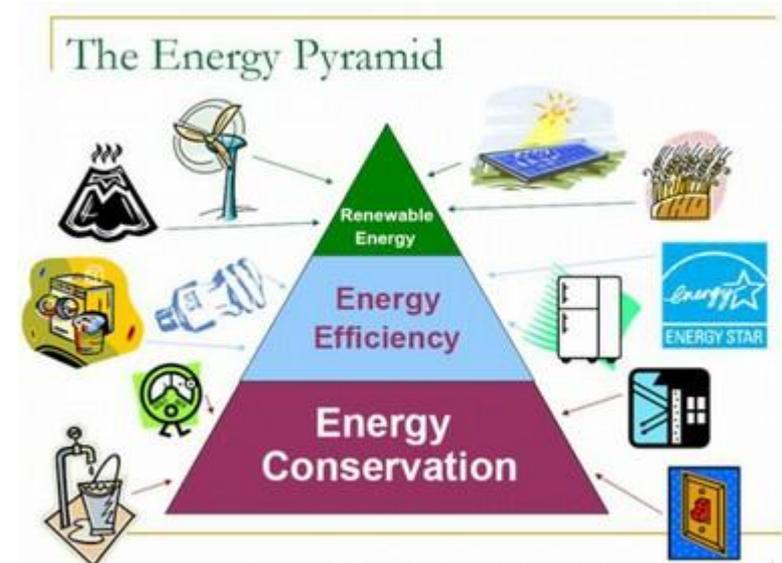
- Экологическая совместимость
- Прибыльность
- Конкурентоспособность
- Защита природных ресурсов
- Безопасность ресурсов

Устойчивое развитие охватывает не только экологические аспекты, но и экономические, социальные аспекты, а также затрагивает все сферы жизни общества, которые всегда должны рассматриваться сбалансировано с учетом механизмов их взаимодействия.

«Устойчивое развитие достигается, когда удовлетворяются потребности нынешнего поколения без ущерба способности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности».
(Определение, было сформулировано Комиссией Брундтланд и было принято на проводимой в 1992 году в Рио-де-Жанейро Конференции)

3-уровневая политика достижения устойчивой энергетики

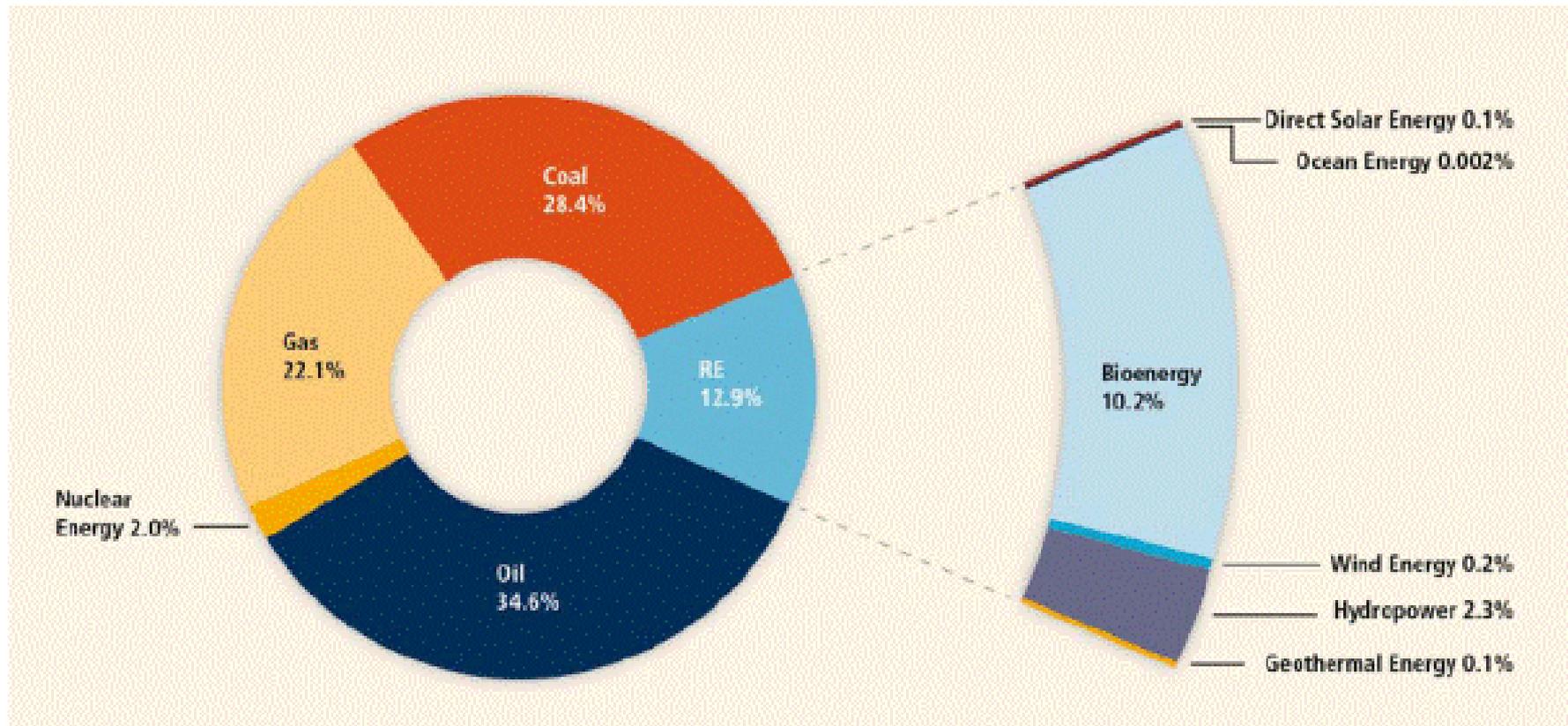
- Повышение энергоэффективности выработки и использования (краткосрочная цель)
- Увеличение доли возобновляемых источников энергии в энергетической структуре (кратко-среднесрочная цель)
- 100 % возобновляемая энергетика (среднесрочная цель)



Источник: журнал «Engineering news» (Петронель Смит)

Роль биомассы в секторе возобновляемой энергетики

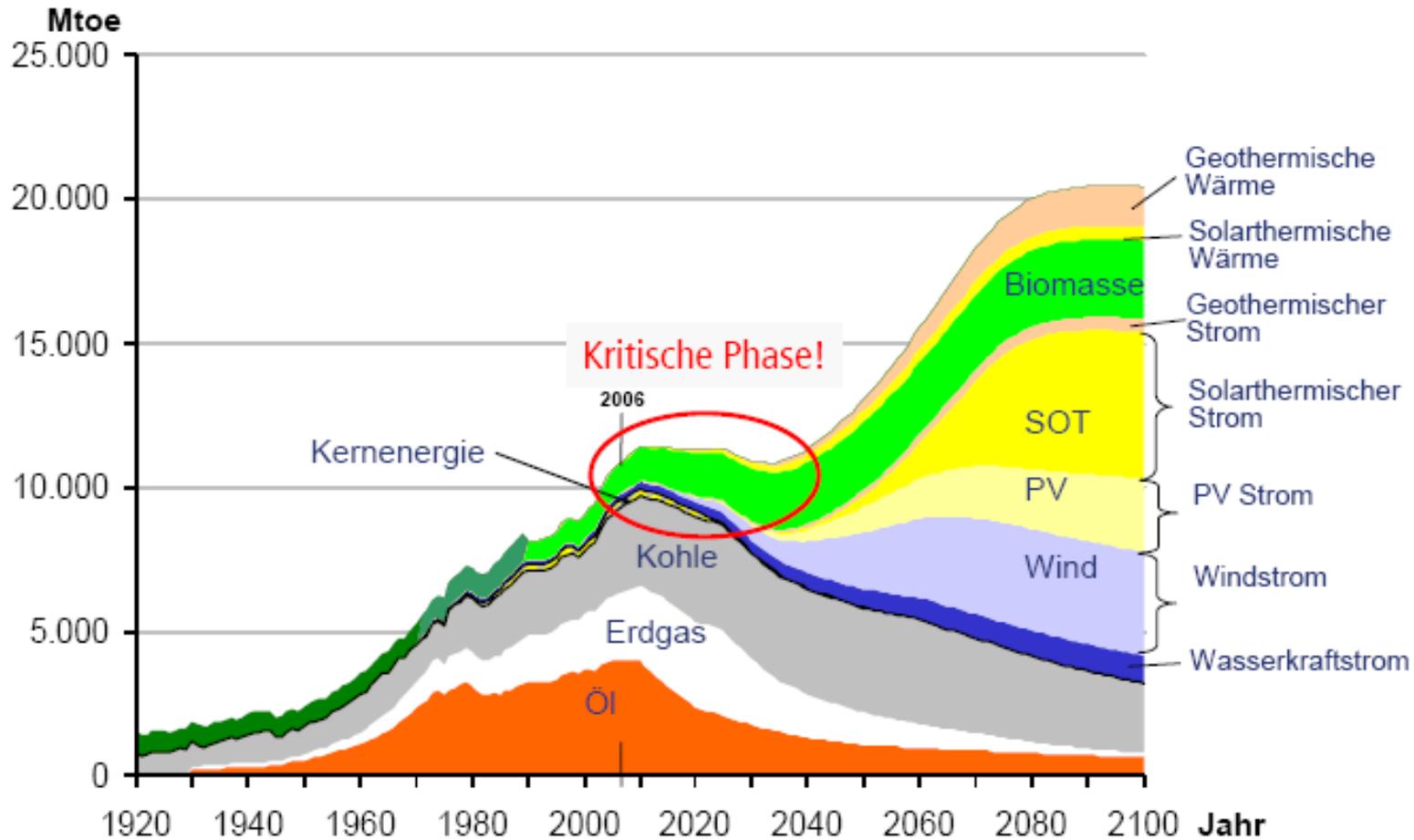
Биомасса является наиболее важным источником возобновляемой энергии в современной энергетической структуре



Источник: МГЭИК, *Специальный доклад по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата*, http://srren.ipcc-wg3.de/report/IPCC_SRREN_SPM

Роль биомассы в секторе возобновляемой энергетики

Энергетическая структура будущего (прогноз)



Quelle: LBST Alternative World Energy Outlook 2005

Роль биомассы в секторе возобновляемой энергетики

Биомасса может внести существенный вклад в энергообеспечение будущего!!!



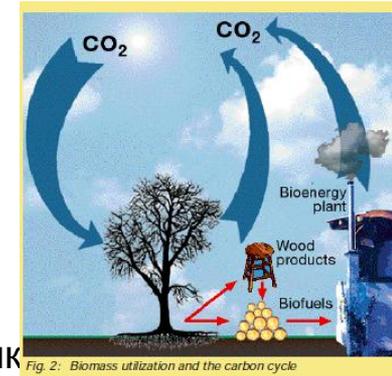
- (I) Отходы сельского и лесного хозяйства ~ 100 Эдж,
- (II) Прирост производства лесной продукции ~ 80 Эдж,
- (III) Энергетические культуры ~ 120 Эдж,
- (IV) Дополнительные энергетические культуры (территории с деградированными почвами и средним уровнем безопасности водообеспечения) ~ 70 Эдж,
- (V) Дополнительный потенциал, возникающий в результате повышения производительности сельского хозяйства более ускоренными темпами, чем исторические тенденции, что позволяет получать большой объем продуктов питания с одной и той же площади ~ 140 Эдж

Источник: МЭА – ОСНОВНОЙ ДОКЛАД «Биоэнергетика – устойчивый и надежный источник энергии». Мировой энергетический обзор , (2009 г.)

Роль биомассы в секторе возобновляемой энергетики

Дополнительные преимущества использования биомассы в качестве источника энергии:

- Биомасса является особой формой сохраняемой естественным образом энергии солнца,
- При сбалансированном использовании мы получаем практически замкнутый круговорот углерода,
- Биоэнергетика ведет к смягчению последствий, когда ею заменяются ископаемые виды топлива,
- Биомасса предназначена для децентрализованного использования (спрос и предложение),
- По сравнению с другими формами возобновляемой энергии, биоэнергетика с финансовой точки зрения привлекательна во многих случаях,
- Ведет к созданию ценностей и источников дохода в сельских регионах,
- Биоэнергия – чрезвычайно разнообразный ресурс
 - позволяет производить тепловую, электрическую энергию, а также вторичное топливо (напр., для транспортной отрасли)
- Хорошо разработанные и эффективные технологии,
- **Биогенные отходы и отходы сельского хозяйства находятся повсеместно и могут использоваться для выработки энергии**



Многие отходы сельского хозяйства потенциально могут использоваться в качестве источников энергии.

Примеры:

- **такие отходы культур как**
 - солома (полевые отходы) или
 - шелуха (отходы обработки)
- **Навоз животных и навозная жижа**



Побочные продукты промышленной переработки сельскохозяйственной продукции

- багасса, получаемая в сахарной промышленности
- EFB при производстве масла
- отходы пищевой промышленности

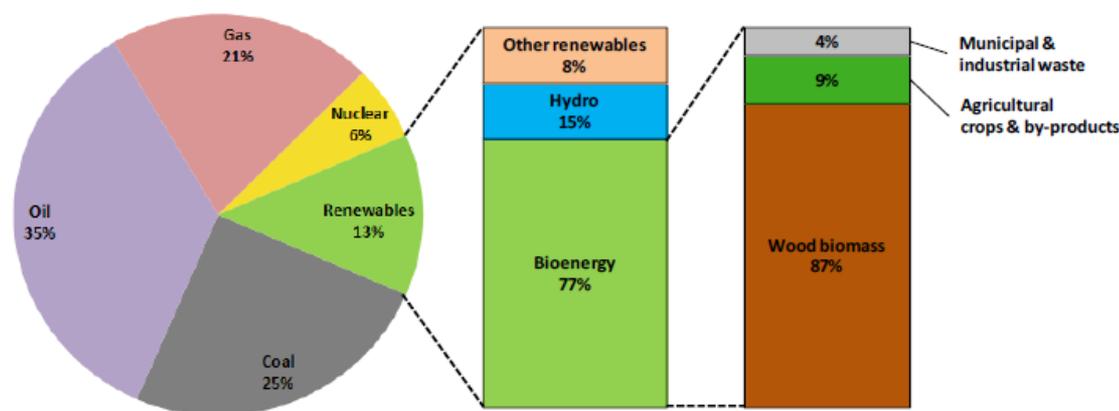


Отходы сельского хозяйства как источник энергии

- Сегодня, во всем мире производится около 5.1 млрд. сухих тон отходов сельского хозяйства (МЭА 2010 г.)
- Что приблизительно составляет 75 ЭДж или соответственно 15 % сегодняшнего мирового спроса на первичные энергоресурсы 500 ЭДж



Фотография предоставлена:
Ecopanel Systems Ltd.



Source: Bioenergy – a Sustainable and Reliable Energy Source. IEA Bioenergy ExCo:2009:05

- В зависимости от месторасположения, считается, что 25 – 50 % отходов сельского хозяйства могут использоваться для производства биоэнергии на устойчивой основе.

Отходы сельского хозяйства как источник энергии

Преимущества:

- Обсуждение продукты питания или топливо → использование отходов сельского хозяйства, отсутствие конкуренции с продуктами питания;
- Не требуются дополнительные земельные участки;
- Эффективное использование энергии ведет к уменьшению проблем окружающей среды (напр., выбросы вредных веществ от разложенных в открытом поле костров, уменьшение выбросов парниковых газов от использования ископаемых видов топлива)



Farmers burn crop stalks in the field, a waste of reusable resources and a potential threat to the environment. Xu Jianhua

Недостатки:

- низкая энергетическая плотность → не подходит для транспортировки топлива на длинные дистанции
- Сезонная доступность
- Конкуренция других видов использования, напр., корм животных или сохранение плодородия почв (круговорот питательных веществ)

Пример «солома как источник энергии»

Стебли широкого ряда культур используются для получения соломы, включая такие зерновые культуры, как пшеница, рис, подсолнечник и другие масленичные культуры (напр., рапс) и т.д.

- Солома является одним из самых перспективных сельскохозяйственных отходов, подходящих для выработки энергии
- Подсчитано, что ежегодно в мире производится приблизительно 2.5 – 3 млрд. тон соломы (сухого вещества)
- Только небольшая доля этого объема используется в сельскохозяйственных целях или для производства энергии
- Наличие «лишней» соломы для выработки энергии зависит от региональных условий и широко отличается (от 0 до 60% производимой массы).



Фотография предоставлена:

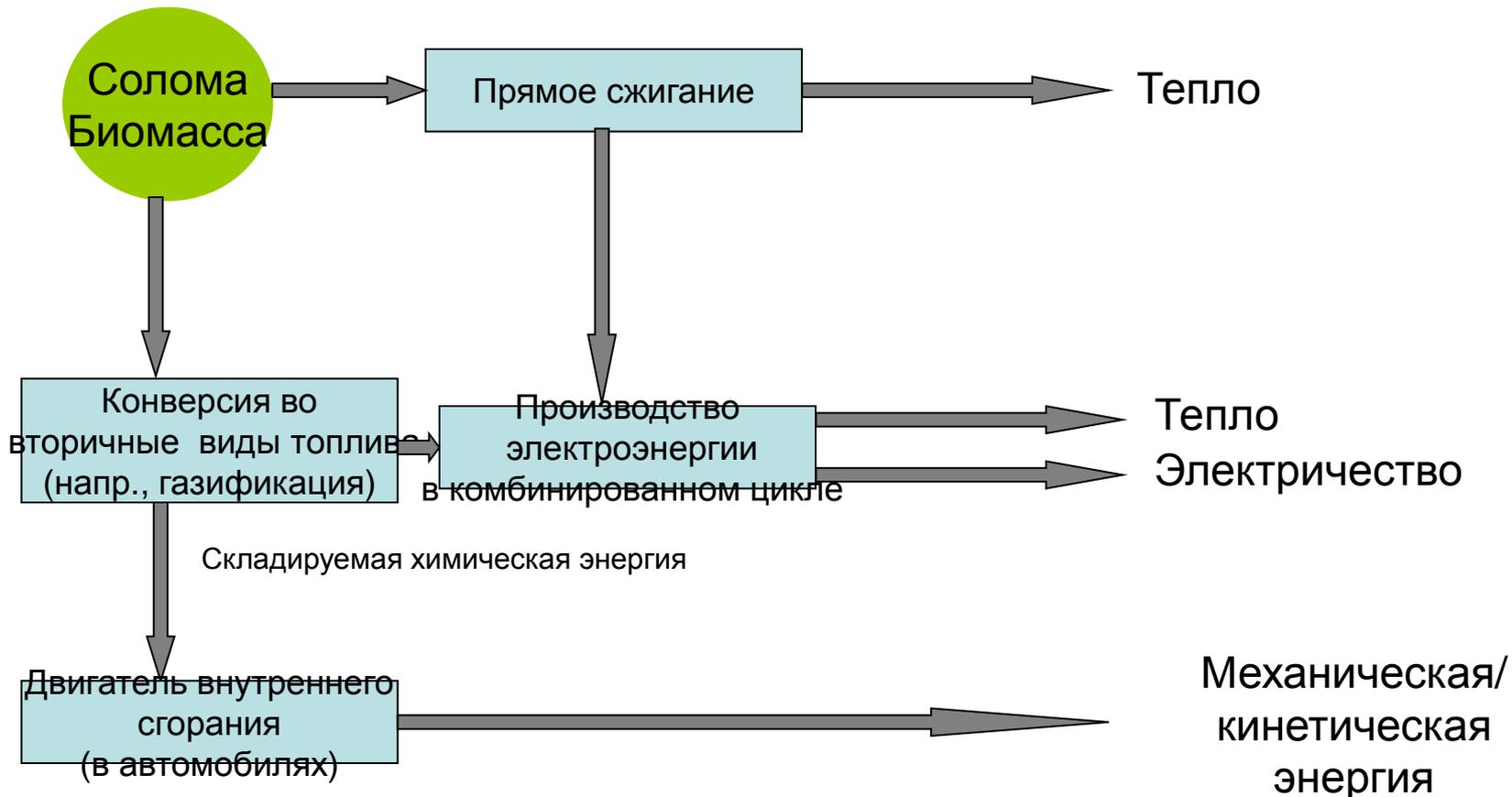
Thrän, D. (DBFZ)

Пример «солома в качестве источника энергии»

Особенность:

Биомасса может использоваться для получения разных форм энергии (тепло, электричество и транспортные виды топлива)

Складируемая химическая энергия

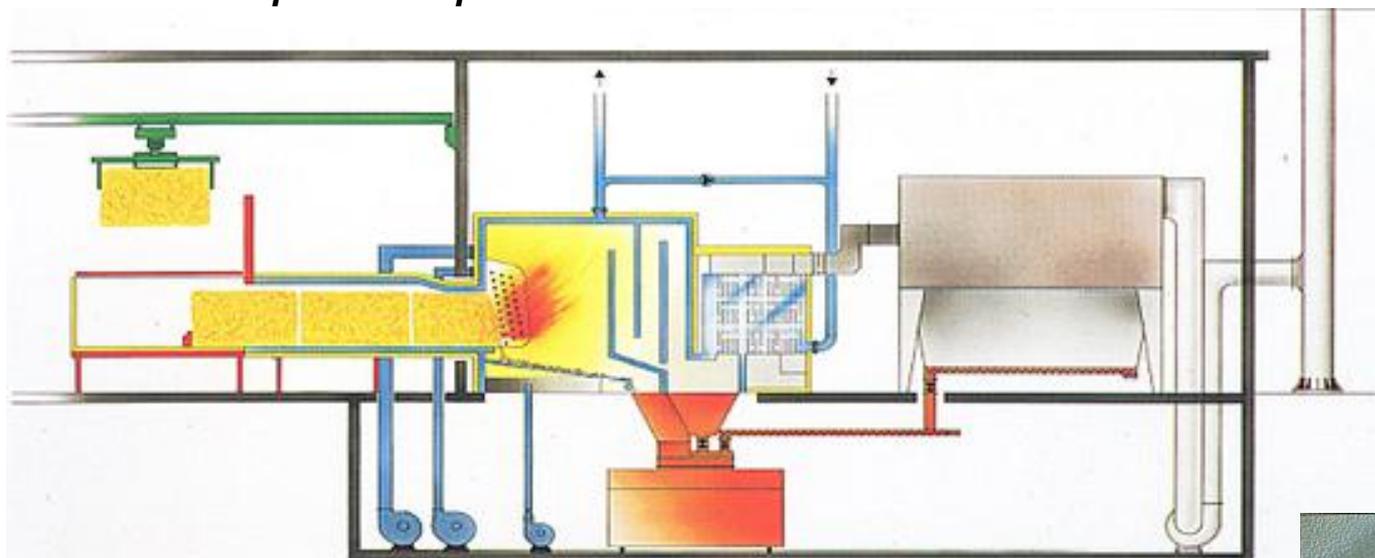


Пример «солома в качестве источника энергии»

Прямое сжигание для производства тепла

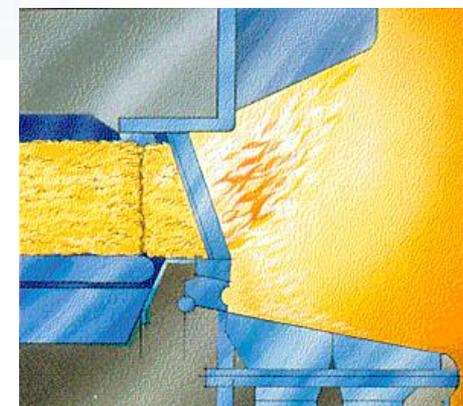
Существуют разные технологии сжигания соломы для выработки тепла

Метод «сигарного сгорания» больших тюков соломы



Источник: B&W - Vølund

Схема сигарного сгорания – г. Шкёлен, Тюрингия (Германия)



Пример «солома в качестве источника энергии»

Типичные характеристики топлива

Параметр	Хвойная древесина	Стебли риса	Стебли пшеницы	Кукурузная солома
Удельная теплота сгорания(МДж/кг)	19.3	14.7	16.6	16.5
Влажность (весовой %)	8.6	8.1	8.6	9.3
Содержание золы (%дб)	0.86	15.25	12.45	13.12
Сера (весовой %)	0.1	0.3	0.3	0.2
Хлор (весовой %)	<0.1	0.7	0.7	-



Предпочтительными являются процессы термохимической

Проблемы, которые необходимо учитывать:

конверсии



Источник: Intelligent-Sootblowing.com

Пример «солома в качестве источника энергии»

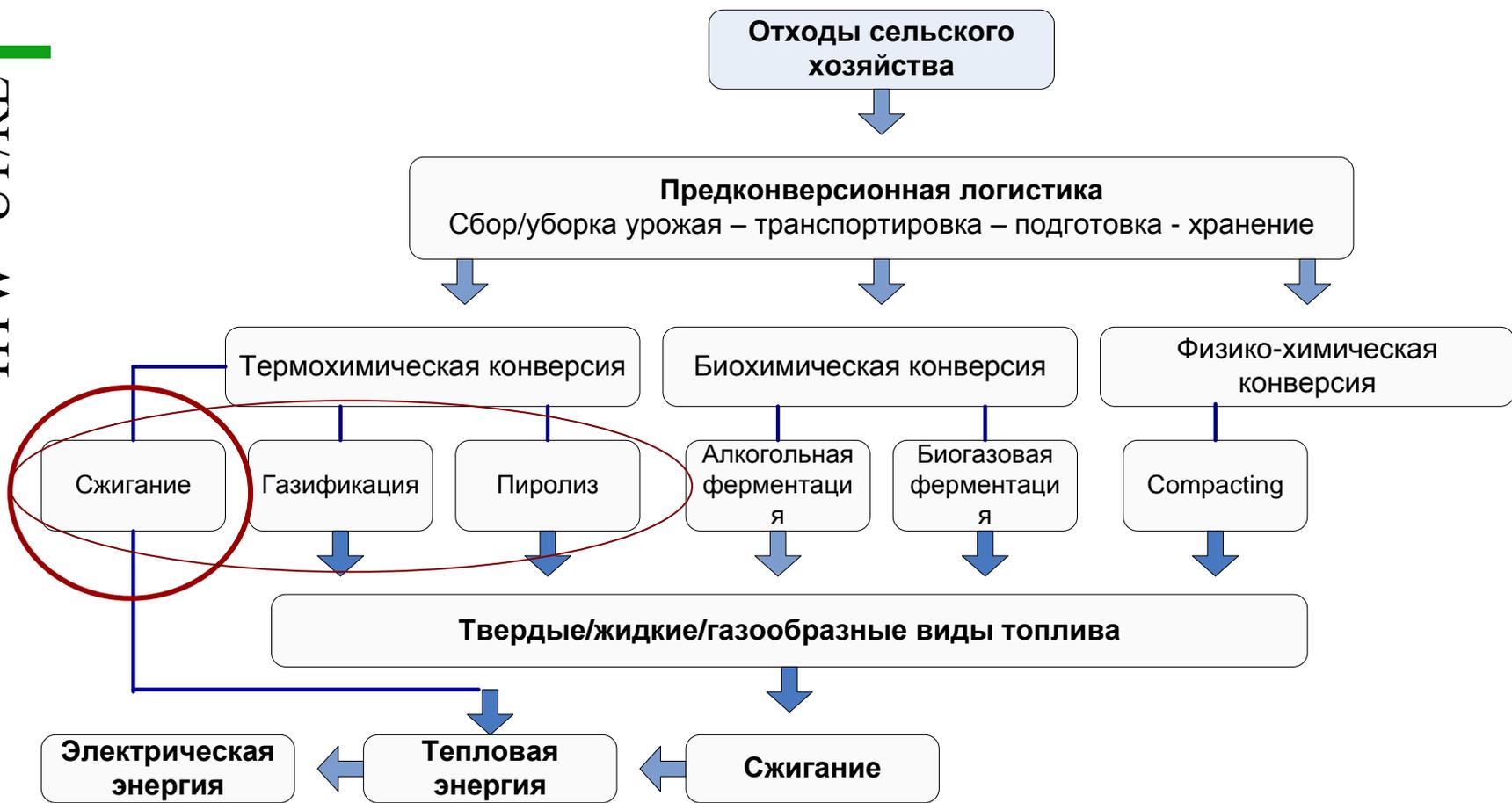
Прямое сжигание для выработки тепла и электричества

Потенциал соломы как источника электрической и тепловой энергии огромен.

- С помощью производимой во всем мире соломы можно вырабатывать 3.3 ПВт-ч электричества (3.3×10^{15} ПВт-ч) плюс 10 ПВт-ч тепловой энергии в год, (Годовая выработка электричества всеми 440 атомными электростанциями невоенного назначения составила 2007 с 2.7 ПВт-ч)
(Stern, B. W.: Stroh als Quelle erneuerbarer Energie, Swiss Bull. angew. Geol. Vol. 15/1, 2010)
- Наилучшими способами термохимической конверсии для выработки тепла и электричества являются:
 - А) прямое сжигание соломы наряду с применением традиционного парового цикла
 - В) Пиролиз/газификация соломы для получения (вторичных) жидких или газообразных видов биотоплива для их использования в газовых шкафах, газовых турбинах или системах топливных элементов
 - С) комбинированные технологии ИГКЦ (интегрированная газификация биомассы в комбинированном цикле)

Пути конверсии

HTW –UT/RE

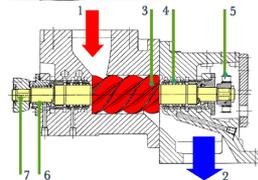


Технологии производства электричества из биомассы

Процессы термохимической конверсии

Процессы сжигания

- Выработка пара
 - процессы паровой турбины (0,5 – 20 МВтэ)
 - процессы парового двигателя (0,2 – 1,5 МВтэ)
 - винтовые паровые двигатели (0,1 – 2,5 МВтэ)
- органический цикл Ренкина (0,5 – 3 МВтэ)
- двигатель Стирлинга (0,01 – 0,15 МВтэ)



Процессы газификации/пиролиза

- Получение газообразных газов из газов газификации биомассы
 - получение электрической энергии в двигателях внутреннего сгорания (0,005 – 5 МВтэ)
 - выработка электричества с помощью газовых турбин (0,02 – 1 МВтэ)
- Получение водорода с помощью рифоминга газообразных газов
 - получение электричества в системах топливных элементов (0,0005 – 5 МВтэ)
- Получение жидких видов топлива из биомассы методом пиролиза
 - выработка электричества двигателями внутреннего сгорания (0,005 – 5 МВтэ)

Экспериментальная стадия или пилотные установки, необходимы НИОКР!

Передовые разработки!

Технологии производства электричества из биомассы

Биохимическая конверсия

- Производство вторичных видов биотоплива с помощью микроорганизмов
 - биогаз с помощью анаэробного сбраживания
 - биоэтанол путем ферментации

Физико-химическая конверсия

- Производство вторичных видов биотоплива путем прессования/извлечения
 - растительное масло
 - биодизель и т.д.

- Выработка электричества в двигателях внутреннего сгорания
(0,005 – 5 МВтэ)



- Получение водорода путем риформинга вторичных видов топлива и получение электричества с помощью систем топливных элементов
(0,0005 – 5 МВтэ)



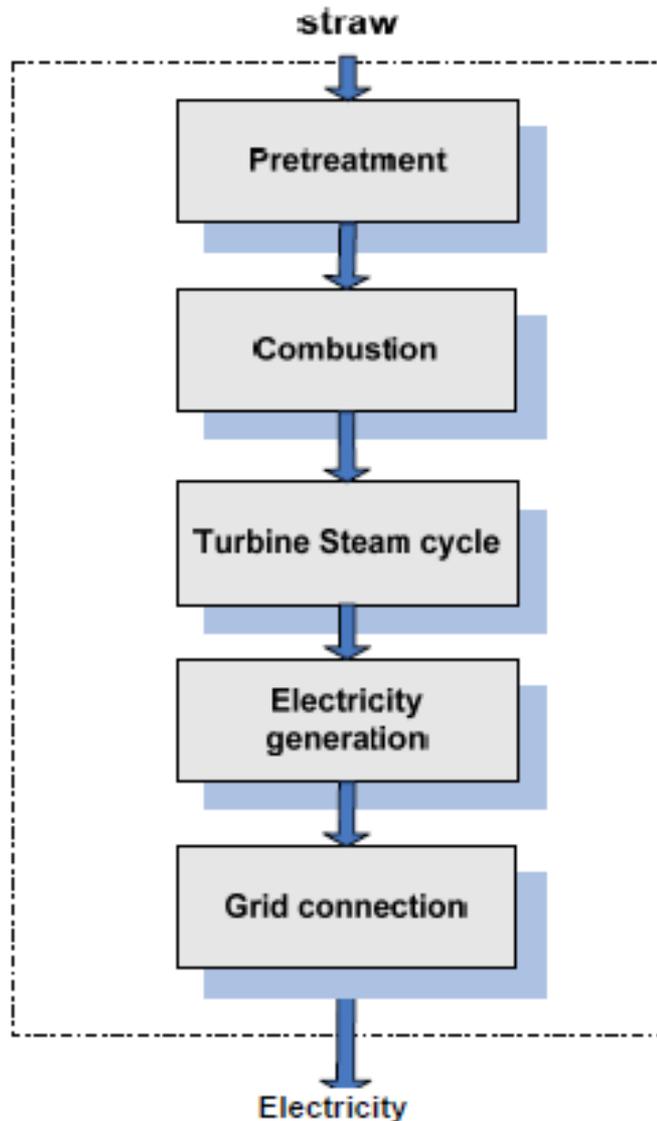
Технологии производства электричества из биомассы

Параметры наиболее распространенных технологий получения электричества из биомассы

Технология	Электрический КПД [%]	Диапазон мощности [МВтэ]
Твердые виды биотоплива		
Паровая турбина	10 – 30	0,5 - 20
Паровой двигатель	10 – 20	0,2 – 1,5
Винтовой паровой двигатель	10 – 20	0,1 – 2,5
двигатель Стирлинга	8 – 22	0,01 – 0,15
органический цикл Ренкина (ORC)	10 - 15	0,1 - 3
Жидкие/газообразные виды биотоплива		
Газовая турбина	приблизительно 25	> 10
Микрогазовая турбина	приблизительно 20	0,05 – 1
Газовый двигатель	приблизительно 25	0,05 – 5
Топливный элемент	приблизительно 30	0,0005 - 5

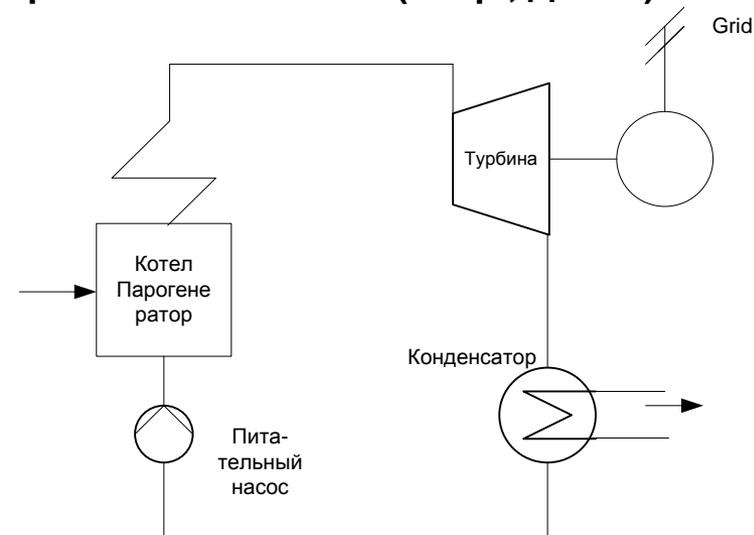
Пример «солома в качестве источника энергии»

А) Процессы обычного парового цикла для получения электроэнергии



Преимущество прямого сжигания соломы:

- Тепловые электростанции на твердых видах топлива являются современными разработками
- Проверенная и надежная технология
- Эксплуатируются в коммерческих целях для сжигания соломы во многих странах на протяжении > 20 лет (напр., Дания)



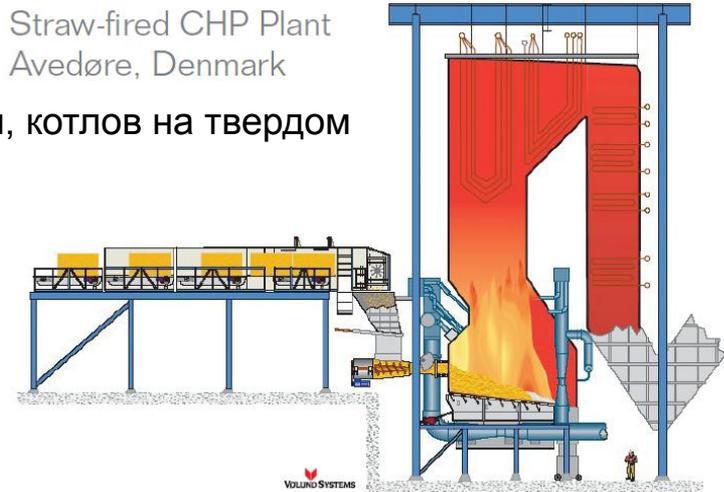
Пример «солома в качестве источника энергии»

А) Процессы обычного парового цикла для получения электроэнергии

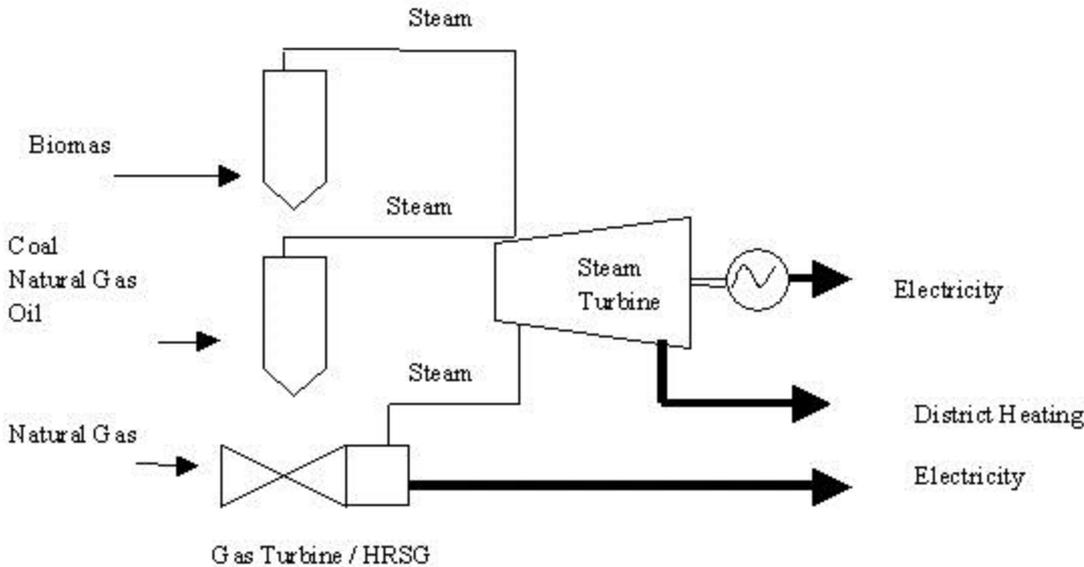
Работающая (частично) на соломе ТЭЦ «Avedøre-2» в Дании

Станция спроектирована для работы на разных видах топлива и предполагает использование газовых турбин, котлов на твердом топливе и котлов на биомассе.

Straw-fired CHP Plant
Avedøre, Denmark



UT/RE



Plant Data	Process Values	Unit
Steam flow	144	t/h
Steam pressure	310	bar
Steam temperature	583	°C
Energy input	105	MW
Fuel input	26.5	t/h
Feedwater temperature	230	°C
Flue gas temperature after air heater	115	°C
Thermal efficiency	93.2	%
Electrical efficiency, total	49,5	%
Total plant output		
Maximum electric output	535	MW
Maximum thermal output	620	MJ/s

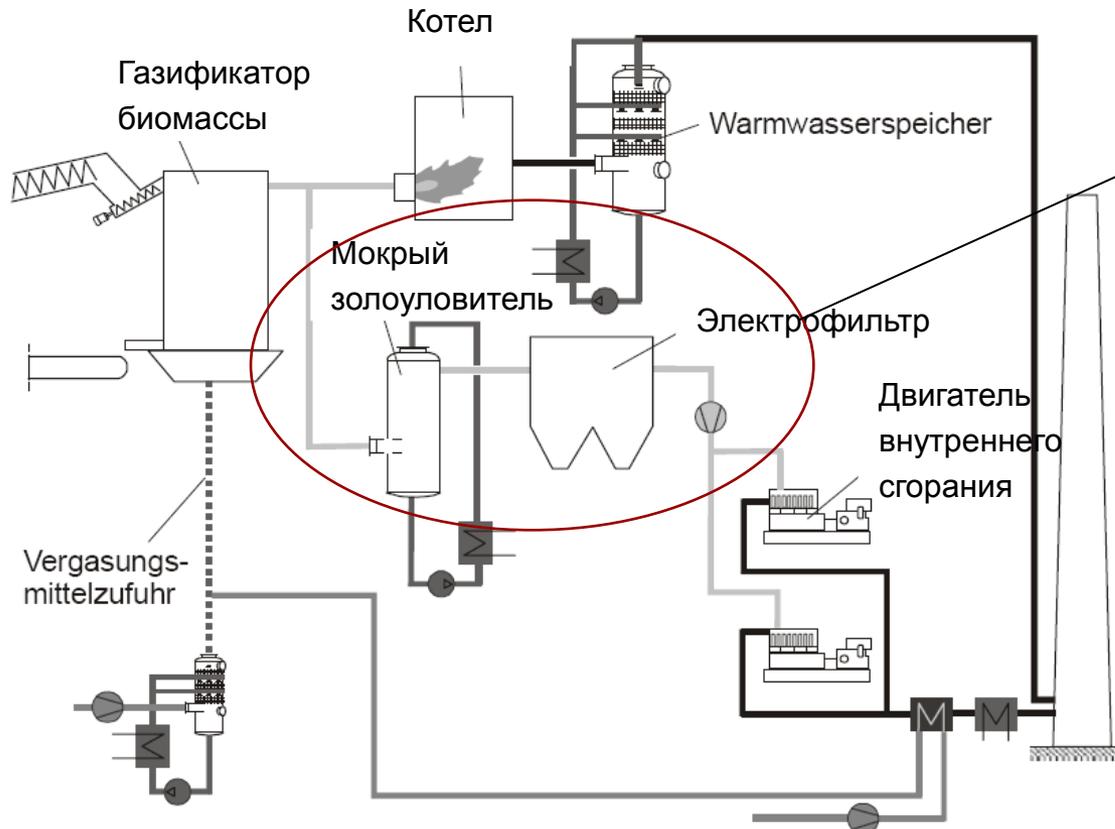
Работающая на биомассе станция может вырабатывать до 35 МВт электричества и 50 МДж/с тепловой энергии.

Источник: www.volund.dk

Пример «солома в качестве источника энергии»

В) Концепция газификации для получения электроэнергии

Проблемы/ недостатки газификации биомассы



Уменьшение количества частиц и смол в различных системах очистки газа

Очистка газа для обеспечения устойчивого и надежного качества газа для работы двигателя внутреннего сгорания или газовых турбин имеют решающее значение

Источник: Kaltschmitt, M: Energie aus Biomasse

Пример «солома в качестве источника энергии»

С) Концепция ТЭЦ комбинированного цикла, работающая на биомассе

HTW –UT/RE

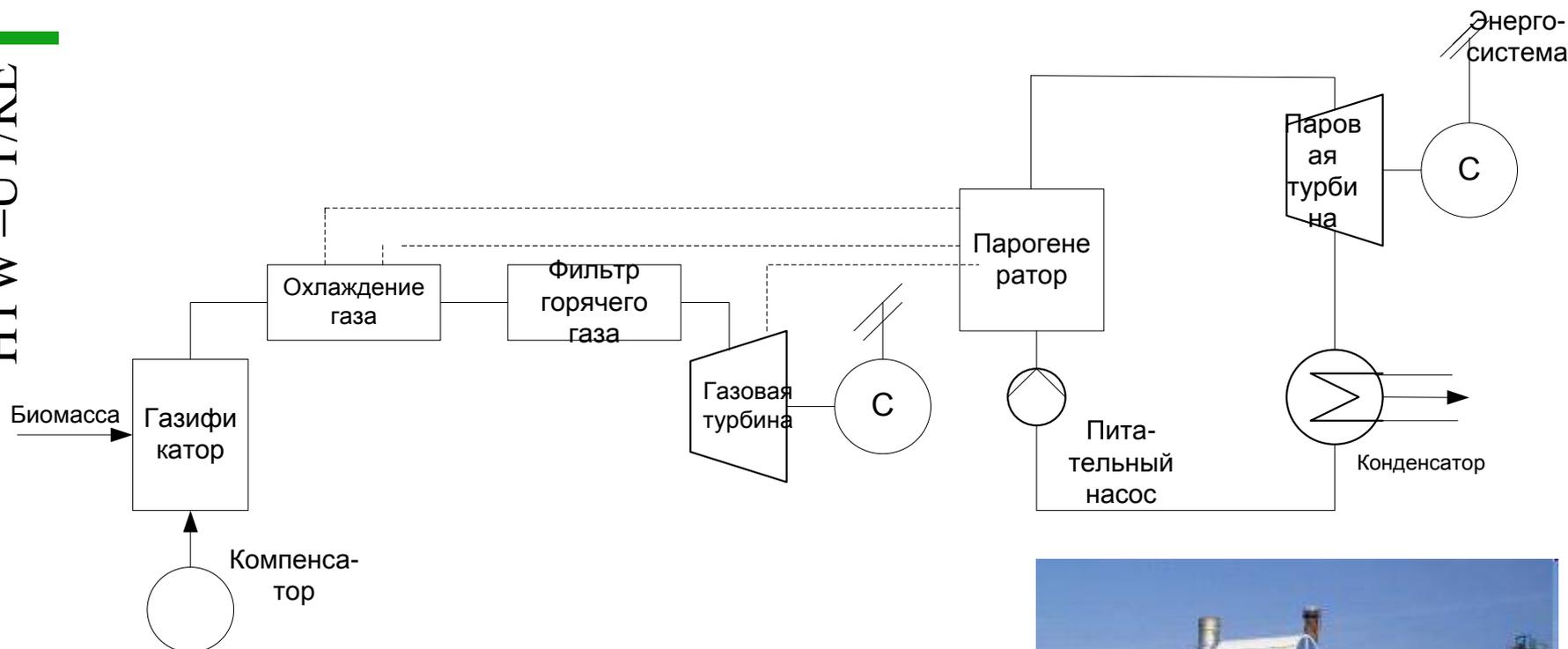


Схема технологического процесса работы электростанции комбинированного цикла на биомассе

Процесс комбинированного получения энергии на ТЭЦ с использованием биомассы подтвердил свою техническую жизнеспособность на примере реализации проекта электростанции комбинированного цикла на основе биомассы в Варнамо, Швеция.

Основные проблемы по-прежнему заключаются в высокой степени необходимости принятия таких технологических усилий, как, например, очистка газа для обеспечения долгосрочной надежной эксплуатации.



Работающая на биомассе ТЭЦ комбинированного цикла в Варнамо

Пример «солома в качестве источника энергии»

С) Концепция ТЭЦ комбинированного цикла, работающая на биомассе

Преимущество:

- Проектный КПД конверсии электрической энергии работающих на биомассе ТЭЦ комбинированного цикла превышает 35%;
- Низкий потенциал глобального потепления (0.05 кг CO₂ экв/кВтч → около 95% «carbon closure»)

Основные проблемы:

- Такие технологические усилия как очистка газа для обеспечения длительной надежной эксплуатации,
- Удаление смол, щелочи и других загрязняющих веществ – главная задача, стоящая перед установками комбинированного производства тепловой и электрической энергии на основе биомассы,
- Установки комбинированного цикла имеют более высокую стоимость при строительстве чем обычные электростанции,
- Ограниченная степень надежности на сегодняшний день рассматривается как наиболее важная проблема, связанная с эксплуатацией комбинированных ТЭЦ.

- Дальнейшее развитие работающих на биомассе ТЭЦ комбинированного типа – тема исследования нескольких научных проектов, направленных на решение существующих проблем.
- Работающие на биомассе ТЭЦ комбинированного типа могут стать перспективной возможностью использования в будущем отходов сельского хозяйства как источника энергии.

Краткие выводы – получение тепловой и электрической энергии из отходов сельского хозяйства (соломы)

- Сегодня, в качестве имеющих промышленное значение, доступных и надежных методов получения тепловой и электрической энергии рассматриваются только процессы прямого сжигания,
- Реализация пилотных, тестовых проектов показала, что технологии газификации биомассы и работающие на биомассе ТЭЦ комбинированного типа могут иметь более высокий электрический КПД, но при этом они требуют больших технологических усилий и затрат,
- Для преодоления существующих барьеров и доведения разработок по газификации биомассы и эксплуатации работающих на биомассе ТЭЦ комбинированного типа до промышленного внедрения необходимы дополнительные научные исследования,
- Сотрудничество между университетами/исследовательскими институтами и коммерческими компаниями будет способствовать преодолению таких барьеров.

Пример «солома в качестве источника энергии»

Производство жидкого биотоплива для транспортного сектора

Состав топлива из биомассы

Лигнин (15 – 25%)

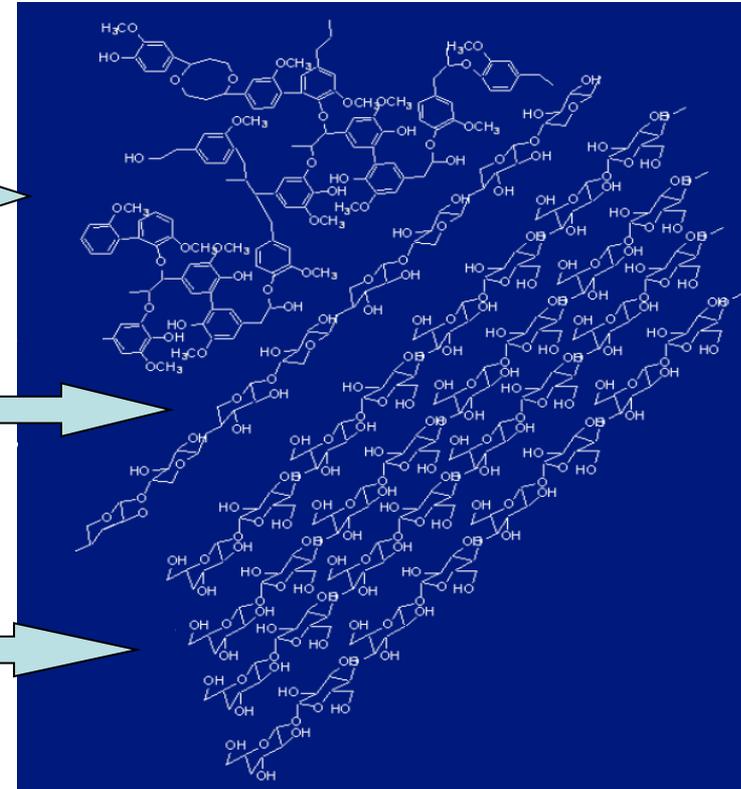
- сложный ароматический полимер,
- устойчив к биохимической конверсии

Гемицеллюлоза (23 -32 %)

- полимер 5-6 углеродного сахара
- легко деполимеризируется
- 5 углеродные сахараиды, сложно метаболизируются

Целлюлоза (38 -50 %)

- Полимер глюкозы,
- чувствительна к ферментативным реакциям
- глюкоза легко метаболизируется



Основная задача – каким образом произвести конверсию сложного твердого топлива из биомассы в жидкое топливо, которое бы могло использоваться в двигателе внутреннего сгорания.

Пример «солома в качестве источника энергии»

Альтернативные способы использования соломы в качестве источника энергии

Получение жидкого биотоплива для транспортного сектора с помощью:

- Газификация и ФТ синтез
- Быстрый пиролиз+ газификация и ФТ синтез
- Конверсия целлюлозного этанола

.....

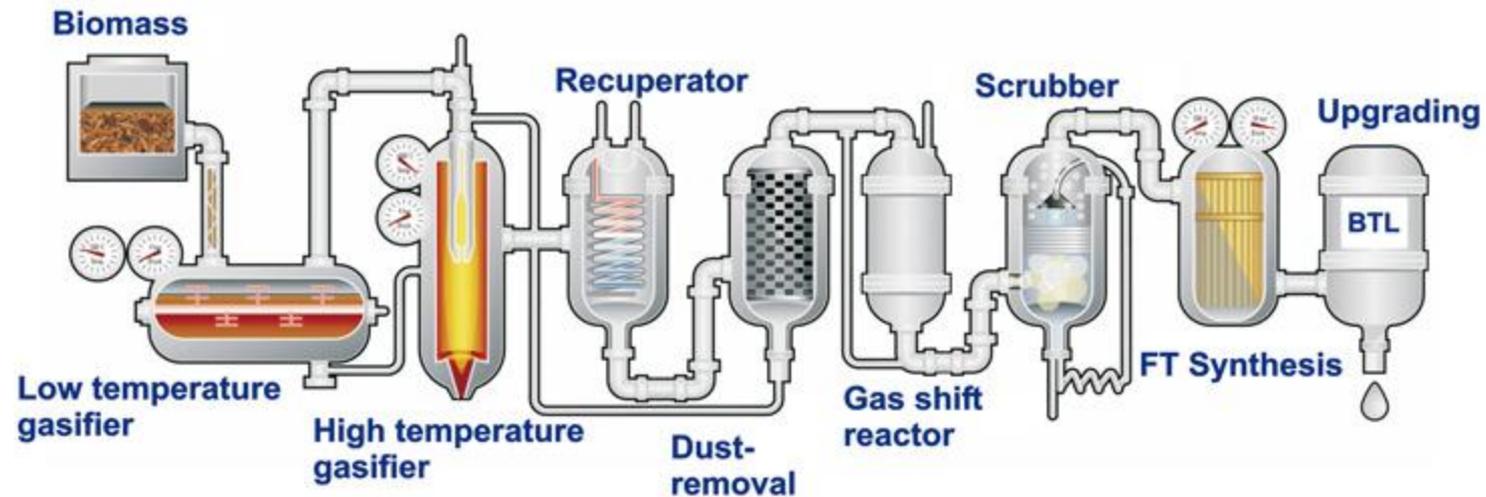
В этом секторе проводится огромное количество научных исследований

Некоторые примеры (отобраны только в Германии):

- Технология Choren Carbo-V® + ФТ синтез
- Процесс BioliqSynCrude®, разработанный KIT совместно с компанией «LURGI»
- Процесс Sunliquid®, разработанный компанией «Süd-Chemie»



Технология Choren Carbo-V® + ФТ синтез

**Состояние проекта:**

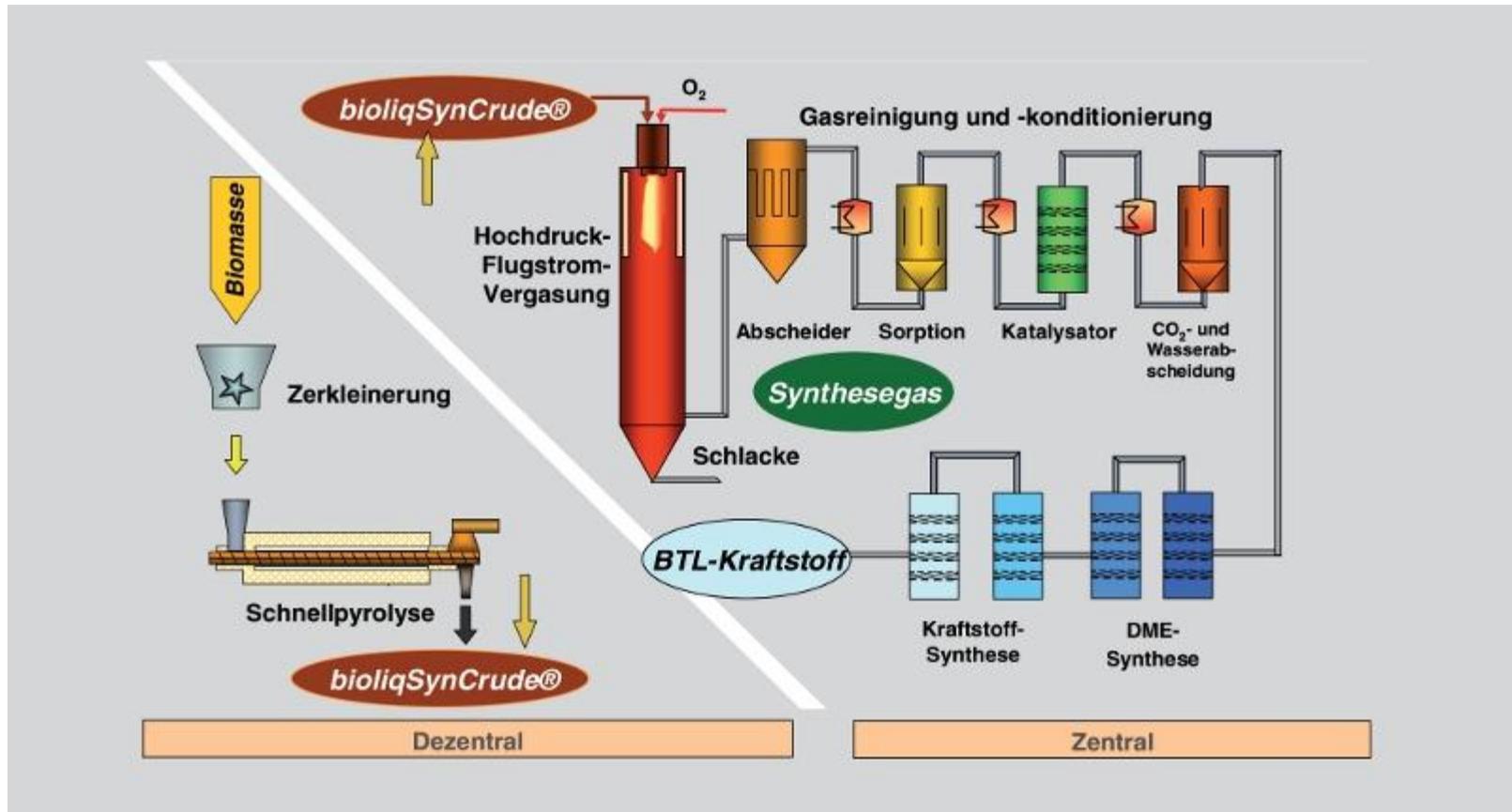
Компания «Choren Industries» объявила себя банкротом в июле 2011 г. В октябре 2011 г. был заявлен новый инвестор компании «Choren Components».

9 февраля 2012 года технология газификации биомассы компании «Choren» была продана компании «Linde Engineering Dresden», которая продолжит развивать технологию Choren Carbo-V® для получения синтетического газа.

Источник: <http://www.biofuelstp.eu/btl.html>

Процесс BioliqSynCrude®, разработанный КИТ совместно с компанией «LURGI»

Процесс состоит из мгновенного пиролиза, газификации в потоке и получения синтетического топлива с помощью ДМЕ синтеза



Состояние проекта:

Начало эксплуатации пилотной установки запланировано на 2012 г.

Процесс Sunliquid®, разработанный компанией «Süd-Chemie»

sunliquid® The way to competitive cellulosic ethanol



Feedstock

Pre-treatment

Hydrolysis

Fermentation

Cellulosic
Ethanol

process integrated
enzyme production

- Complete process including enzyme production
- Feedstock and process specific enzyme development
- C₆ and C₅ fermentation
- Energy saving ethanol separation

Состояние проекта:

- Пилотная установка: Эксплуатируется с февраля 2009 г.
- Опытная установка: Строительство должно быть завершено к концу 2011 г.
- Промышленная установка: Поиск партнеров

Содействие, оказываемое ЕС биоэнергетическим проектам

Энергетическая политика ЕС

Основными целями энергетической политики ЕС являются повышение надежности и безопасности поставок энергоресурсов и снижение выбросов парниковых газов.



Не забывайте о трехуровневой политике!

Главным элементом политики ЕС является «Директива 2009/28/ЕС о возобновляемых источниках энергии»

Директива устанавливает требование для стран-участниц планировать свое развитие каждого вида возобновляемого источника энергии, **включая биоэнергетику**, путем разработки Национальных планов развития возобновляемых источников энергии.

На биоэнергию приходится более двух третьих всего объема возобновляемых источников энергии ЕС.

Содействие, оказываемое ЕС биоэнергетическим проектам

Поддержка ЕС сферы биоэнергетики

Научно-технологическое развитие имеет ключевое значение для развития биоэнергетики и ЕС оказывал поддержку и содействие научно-технологическому развитию биоэнергетики в рамках нескольких последовательных Рамочных программ.

Тематика реализуемой в настоящее время 7-ой Рамочной программы

➤ Производство **биотоплива** (как прямое следствие высоких цен на нефть) (Совместный конкурс «Переработка возобновляемого сырья» объявлен в 2008 г. и охватывает четыре направления исследования (такие как, энергетика, материалы, окружающая среда, сельское хозяйство)

➤ Возобновляемые технологии получения электричества из **биомассы**

Дополнительную информацию можно найти в **«Плане действий по биомассе» - СООБЩЕНИЕ КОМИССИИ**

{SEC(2005) 1573



Содействие, оказываемое ЕС биоэнергетическим проектам

Седьмая рамочная программа (FP7, 2007 – 2013 гг.) связала воедино все исследовательские инициативы ЕС → общий бюджет превышает 50 миллиардов евро

Энергетика – одна из десяти ключевых тем Рамочной программы FP7



Биоэнергетика является приоритетным направлением энергетической тематики Рамочной программы FP7,

которая также затрагивается другими тематическими направлениями Седьмой рамочной программы, например,

тематическое направление «**Пища, сельское хозяйство, рыболовство**», Акцент на устойчивом производстве возобновляемых биоресурсов и использовании достижений Науки о жизни, биотехнологий и биохимии для получения устойчивых продуктов и процессов.



Содействие, оказываемое ЕС биоэнергетическим проектам

Поддержка ЕС сферы биоэнергетики

Вопросы энергетики имеют мировое значение и требуют сотрудничества, выходящего за границы ЕС.

Налаживание международного сотрудничества стало центральной задачей совместных проектов, реализуемых в определенных областях, таких как

- выработка энергии с Россией
- биотопливо с Латинской Америкой.

Международное сотрудничество в области биоэнергетических исследований

Важным элементом европейских исследований является налаживание сотрудничества между исследователями Европы и третьих стран, занимающихся активной деятельностью в этой области.

Сотрудничество проводится в рамках финансируемых ЕС исследовательских проектов или Тематических платформ.



Содействие, оказываемое ЕС биоэнергетическим проектам

Дополнительную информацию о содействии, оказываемом ЕС в области биоэнергетических проектов, можно найти:

Седьмая рамочная программа

- http://cordis.europa.eu/fp7/home_en.html
- <http://ec.europa.eu/research/fp7>

Конкурсные предложения

- <http://cordis.europa.eu/fp7/dc/index.cfm?fuseaction=UserSite.FP7CallsPage>

Спасибо за внимание!

контактные данные:

Профессор Мирко Барз
barz@htw-berlin.de

