

# Лекция 6. Энергия биомассы. Биогазовые установки.

A decorative graphic element consisting of several horizontal lines of varying lengths and colors (teal, white, and light blue) extending from the right side of the slide.

# Биомасса

- **Биома́сса** (биоматерия) — совокупная масса растительных и животных организмов, присутствующих в [биогеоценозе](#).
- Биомасса по существу состоит из макромолекулярных органических полимеров - [лигнин](#), [целлюлоза](#) и [гемицеллюлоза](#).
- Биомасса — пятый по производительности возобновимый источник энергии после [прямой солнечной](#), [ветровой](#), [гидро](#) и [геотермальной](#) энергии. Ежегодно на земле образуется около 170 млрд т. первичной биологической массы и приблизительно тот же объём разрушается.
- Биомасса — крупнейший по использованию в мировом хозяйстве возобновляемый ресурс (более 500 млн т.[у.т.](#)/год).
- *Условное топливо*-единица учёта тепловой ценности топлива, применяемая для сопоставления различных видов топлива. Принято, что теплота сгорания 1 кг твёрдого (жидкого) У. т. (или 1 м<sup>3</sup> газообразного) 29,3 МДж (7000 ккал)
- Биомасса применяется для производства [тепла](#), [электроэнергии](#), [биотоплива](#), [биогаза](#) ([метана](#), [водорода](#)).

# Примеры использования биомассы.

- В [2002](#) году в электроэнергетике [США](#) было установлено 9733 [МВт](#) генерирующих мощностей, работающих на биомассе. Из них 5886 МВт работали на отходах лесного и сельского хозяйства, 3308 МВт работали на твёрдых муниципальных отходах, 539 МВт на других источниках.
- В [2004](#) году во всём мире производили электричество из биомассы электростанции общей мощностью 35 000 [МВт](#).
- В настоящее время европейские страны проводят эксперименты по выращиванию [энергетических лесов](#) для производства биомассы. На больших плантациях выращиваются быстрорастущие деревья: [тополь](#), [акация](#), [эвкалипт](#) и другие. Испытано около 20 видов растений. Плантации могут быть комбинированными, когда между рядами деревьев выращиваются другие сельскохозяйственные культуры, например, тополь сочетается с [ячменём](#). Период ротации [энергетического леса](#) — 6—7 лет.
- Методом [пиролиза](#) из биомассы получают жидкое [биотопливо](#), [метан](#), [водород](#). **Пиролиз** (от [др.-греч.](#) πῦρ — [огонь](#), жар и λύσις — разложение, распад) — термическое разложение органических и многих неорганических соединений.

# Биогаз

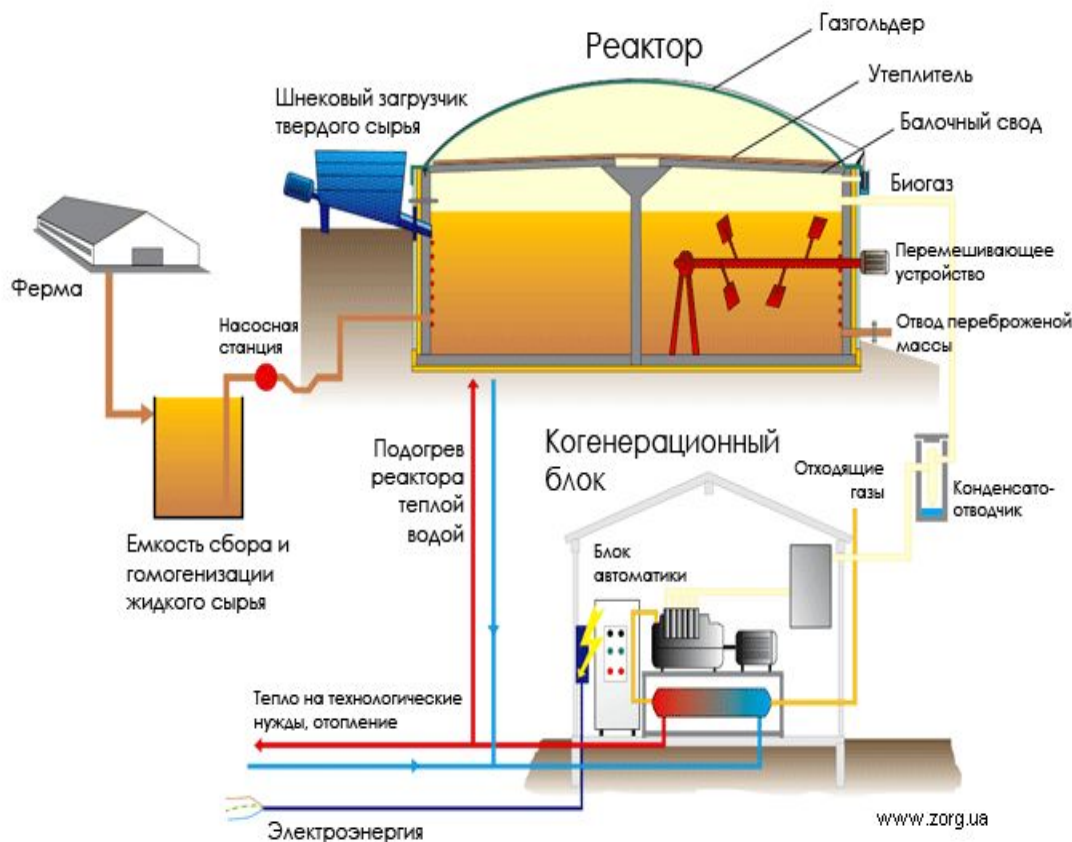
- **Биогаз** — газ, получаемый водородным или метановым брожением биомассы. Метановое разложение биомассы происходит под воздействием трёх видов бактерий. В цепочке питания последующие бактерии питаются продуктами жизнедеятельности предыдущих. Первый вид — бактерии гидролизные, второй — кислотообразующие, третий — метанообразующие. В производстве биогаза участвуют не только бактерии класса метаногенов, а все три вида. Одной из разновидностей биогаза является биоводород, где конечным продуктом жизнедеятельности бактерий является не метан, а водород.
- Алессандро Вольта в 1776 году пришёл к выводу о существовании зависимости между количеством разлагающейся биомассы и количеством выделяемого газа. В 1808 году сэр Хэмфри Дэви обнаружил метан в биогазе.
- Первая задокументированная биогазовая установка была построена в Бомбее, Индия в 1859 году. В 1895 году биогаз применялся в Великобритании для уличного освещения. В 1930 году, с развитием микробиологии, были обнаружены бактерии, участвующие в процессе производства биогаза.

# Состав биогаза. Сырьё для получения

- 50—87 % [метана](#), 13—50 % [CO<sub>2</sub>](#), незначительные примеси [H<sub>2</sub>](#) и [H<sub>2</sub>S](#). После очистки биогаза от CO<sub>2</sub> получается биометан. Биометан — полный аналог природного газа, отличие только в происхождении.
- Перечень органических отходов, пригодных для производства биогаза: [навоз](#), [птичий помёт](#), зерновая послеспиртовая [барда](#), [пивная дробина](#), свекольный жом, фекальные осадки, отходы рыбного и забойного цеха (кровь, жир, кишки), трава, бытовые отходы, отходы молокозаводов — солёная и сладкая молочная сыворотка, отходы производства [биодизеля](#) — технический глицерин от производства биодизеля из рапса, отходы от производства соков — жом фруктовый, ягодный, овощной, виноградная выжимка, водоросли, отходы производства крахмала и патоки — мезга и сироп, отходы переработки картофеля, производства чипсов — очистки, шкурки, гнилые клубни, кофейная пульпа.
- Кроме отходов биогаз можно производить из специально выращенных [энергетических культур](#), например, из силосной [кукурузы](#) или [сильфия](#), а также [водорослей](#). Выход газа может достигать до 300 м<sup>3</sup> из 1 тонны.
- На практике из 1 тн сухого вещества получают от 300 до 500 [литров](#) биогаза.

## Экологические преимущества производства биогаза

- Производство биогаза позволяет предотвратить выбросы метана в атмосферу. Метан оказывает влияние на парниковый эффект в 21 раз более сильное, чем CO<sub>2</sub>, и находится в атмосфере 12 лет. Захват метана — лучший краткосрочный способ предотвращения глобального потепления.
- Переработанный навоз, барда и другие отходы применяются в качестве органического удобрения в сельском хозяйстве. Это позволяет снизить применение химических удобрений, сокращается нагрузка на грунтовые воды.



- **Биогазовые установки**
- **Принцип работы установки**
- Биомасса (отходы или зеленая масса) периодически подаются в реактор. Реактор представляет собой подогреваемый резервуар, оборудованный миксерами. В реакторе живут полезные бактерии, питающиеся биомассой. Продуктом жизнедеятельности бактерий является биогаз. Для поддержания жизни бактерий требуется подача корма, подогрев до  $35-38^{\circ}\text{C}$  и периодическое перемешивание. Образующийся биогаз скапливается в хранилище (газгольдере), затем проходит систему очистки и подается к потребителям (котел или электрогенератор). Реактор работает без доступа воздуха, герметичен и неопасен.



## Экономика биогаза на агрокомплексах

Агропредприятия считаются основным потребителем биогазовых технологий. В пользу этого играет неплохая экономика подобных проектов. Из тонны навоза КРС получается 30-50 м<sup>3</sup> биогаза. Одна корова способна обеспечить получение 2,5 кубометра газа в сутки. Из 1 кубометра биогаза можно выработать около 2 кВт электроэнергии. Плюс вырабатывается органическое удобрение, использование которого ощутимо улучшает экономические характеристики биогазовой установки. Стадо КРС 900 голов, окупается в режиме производства тепла и электроэнергии за 5-7 лет, а если же учитывать стоимость получаемых органических удобрений, то срок окупаемости сокращается до 2,5 лет. Расход этих удобрений составляет 1-5 т вместо 60 т необработанного навоза для обработки 1 га земли. Испытания показывают еще и увеличение урожайности в 2-4 раза.



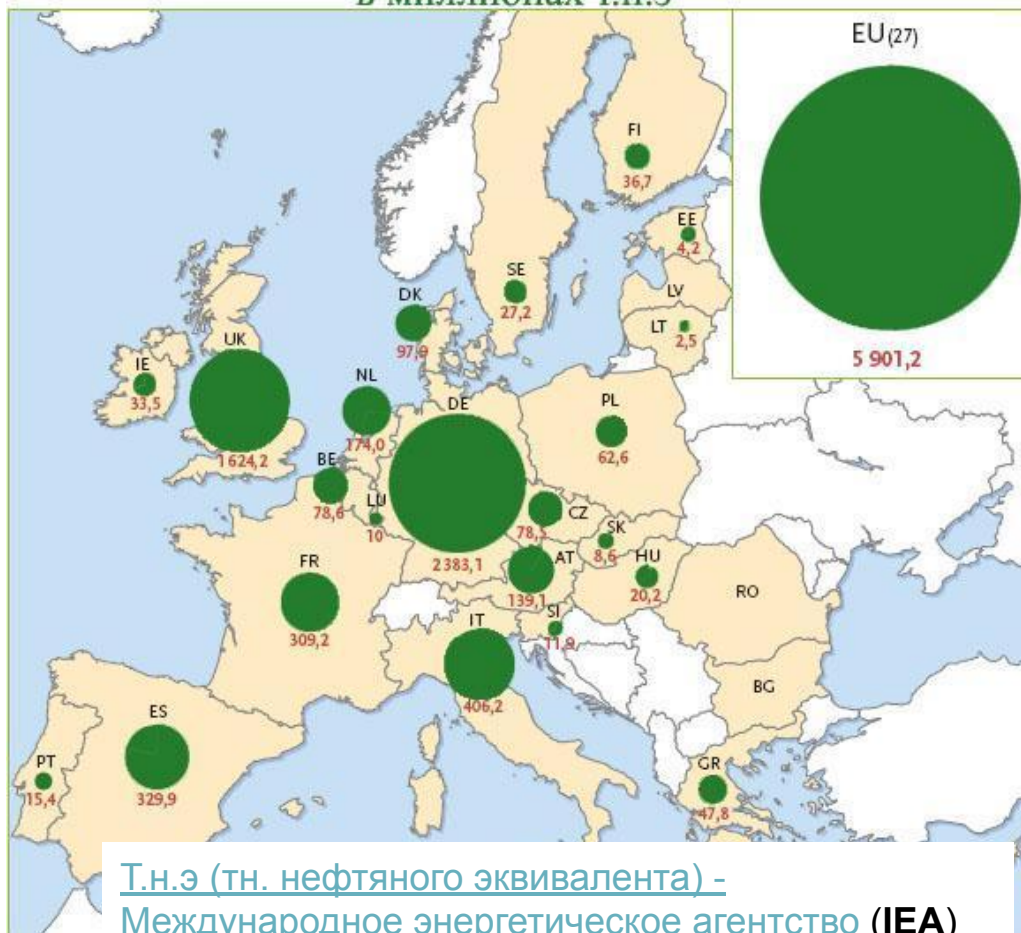
# Система сбора и утилизации биогаза на полигоне ТБО



- Газоэнергетический потенциал полигона, на котором размещен *1 млн. т ТБО* с влажностью 40%, можно рассматривать как техногенное месторождение с запасами *50-60 млн. м3 природного газа*. Объем добычи биогаза на полигоне ТБО может составить *10-15 м3 в год на 1 жителя* обслуживаемого населенного пункта. Утилизация биогаза на полигоне, обслуживающем город с населением *100 тыс. человек*, может обеспечить потребности в электричестве и тепле жилого поселка с населением *1 тыс. человек*.

На полигоне твёрдых бытовых отходов (ТБО) в г. Мариуполе Донецкой области выполнено сооружение системы дегазации для сбора биогаза и его утилизации установленной когенерационной установкой мощностью 200 кВт.

## Производство биогаза в ЕС в 2007 году в миллионах т.н.э



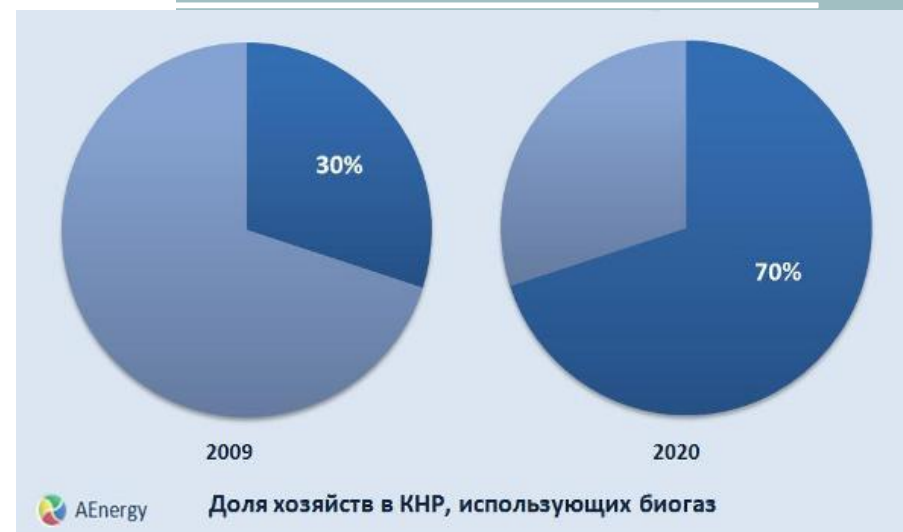
Т.н.э (тн. нефтяного эквивалента) - Международное энергетическое агентство (IEA) приняло за единицу условного топлива нефтяной эквивалент - **ТОЕ** (англ. *Tonne of oil equivalent*). Одна тонна нефтяного эквивалента равняется 41,868 ГДж или 11,63 МВт·ч

## • Биогаз в ЕС и Германии

- Ежегодно в ЕС объем производства биогаза увеличивается не менее чем на 20%. В 2007 г. производство достигло значительной величины в 5,9 млн т.н.э. При этом ведущую роль играет производство биогаза из *лэндфилл-газа*, или биогаза с мусорных свалок (49,2%), следом за ним идет производство биогаза из специально выращенных сельскохозяйственных культур, порядка 15% биогаза в ЕС производится на очистных сооружениях.

Серьезным фактором, который повлиял на внедрение биогазовых установок в Европе явился рост цен на импортируемые энергоносители, связанные с ними политические риски и последующая **государственная поддержка** биогазовой энергетики. Поддержка заключается в том, что государство обязано выкупать электроэнергию по «зеленому тарифу».

- **Китайская система стимулирования биогазовой энергетики**
- Китай на сегодняшний день является мировым лидером по внедрению технологии производства **биогаза** в сельских районах. Более 31 млн китайских семей уже установили **биогазовые установки** в своих домах, и эта цифра продолжает стремительно расти, увеличиваясь ежегодно на несколько миллионов. Суммарный выпуск биогаза составляет 10,2 млрд м<sup>3</sup>/год (эквивалентно 13,5 млн т.у.т.), что ставит КНР на уверенное первое место в мире по этому показателю. AEnergy.ru проанализировал причины китайского феномена и убежден, что это, во многом, заслуга грамотной и сбалансированной системы **государственной поддержки**.
- Система поддержки направлена на проекты разных масштабов – от небольших бытовых установок до крупных комплексов на предприятиях пищевой промышленности.
- Наряду с непосредственным сооружением объектов, проводится масштабная работа по подготовке кадров и проведению НИОКР, на которые китайский бюджет тратит более **100 млн долл.** ежегодно.





- Стокгольм - европейская экологическая столица
- Стокгольм - единственный город в мире, который комплексно решает проблему утилизации бытовых отходов и канализационных стоков. Городская инфраструктура переработки мусора является многоуровневой.
- Органические и неорганические виды твердых бытовых отходов поступают каждый на свои пункты переработки. Транспортировка мусора происходит через систему специально созданных подземных коммуникаций.
- Органические отходы и канализационные стоки поступают на биогазовые станции. Они используются для производства биогаза, а он, в свою очередь, для производства электрической и тепловой энергии. Кроме того, биогаз поступает в дома и используется в качестве бытового газа. Подсчитано, что для обогрева помещений в Стокгольме используется энергия, полученная исключительно из отходов.

- Volvo и Scania производят автобусы с двигателями, работающими на биогазе. Такие автобусы активно используются в городах Швейцарии: Берн, Базель, Женева, Люцерн и Лозанна. По данным Швейцарской Ассоциации Газовой Индустрии в 2010 году 10 % автотранспорта Швейцарии работало на биогазе.
- Муниципалитет Осло в начале 2009 года перевёл на биогаз 80 городских автобусов. Стоимость биогаза составляет €0,4 – €0,5 за литр в бензиновом эквиваленте. При успешном завершении испытаний на биогаз будут переведены 400 автобусов.



# Биогаз как топливо для автомобилей.



- Биогаз после очистки от  $\text{CO}_2$  - это метан, которым заправляют автомобили.
- [В Торонто начали тестировать мусоросборный автомобиль на биогазе из отходов.](#)
- Существует два направления по которому планируется использование биогаза в городе.
- Первый это подача биогаза в существующий газовый трубопровод, для возмещения и экономии природного газа, который в настоящее время используется для обогрева правительственных и муниципальных зданий.
- Второй это использование биогаза в качестве топлива для заправки транспорта коммунальных служб, который в настоящее время работает на сжиженном природном газе. Намеряется на недавно приобретенный городом автомобиль который работает на биогазе

## Биогаз как топливо для автомобилей.

- В рамках своей энергетической концепции в области транспорта федеральное правительство Германии делает ставку на биогазовые двигатели. Там был принят законопроект, согласно которому запланированное на 2015 год прекращение освобождения от налогообложения для биогаза будет отменено. В документе изложено требование, согласно которому наряду с природным газом должно расширяться и использование биогаза.
- *Лидером по использованию биометана в качестве топлива для автомобилей является Швеция. 25% вырабатываемого в стране биогаза перерабатывается в биометан на 38 предприятиях, где концентрация метана увеличивается с 65-70% до 96-97%. Парк автобусов и автомобилей, работающих как на сжатом природном газе, так и на биометане насчитывает более 17000 единиц (данные на 2008 год). Биогаз обычно продается в смеси с природным газом, составляя около 55%.*
- В Швейцарии и Германии биогаз после очистки компрессорами закачивается в сеть природного газа и в отдельных случаях продается в качестве топлива для автомобилей. Развивается производство биометана и в других европейских странах - Нидерландах, Австрии, Франции, Испании, Исландии и Британии.

# Биогаз как топливо для автомобилей.

- Швеция: станция для заправки автомобилей биогазом.







- **Экономика использования биогазовых технологий**
- Строительство биогазовой станции позволит не зависеть от тарифов на энергоносители и обеспечит дешёвым теплом и электроэнергией (себестоимость производства тепла и электроэнергии составляет *0,5-0,6 руб* за кВтч).
- Эксплуатационные расходы формируются преимущественно из заработной платы занятых на биогазовой станции.
- Средняя цена 1 кВт установленной электрической мощности биогазовой станции «под ключ» (в эту цену входит и установки когенерации) составляет *2-3 тыс. дол.*
- При условии комплексного использования продукции биогазовой станции, срок окупаемости проекта составляет порядка *3-7 лет*. Чем больше биогазовая установка, тем выше ее рентабельность и короче сроки окупаемости. В целом биогазовые проекты отличаются высоким значением IRR.
- О достаточном уровне рентабельности установки можно говорить в случае переработки более *40 т* отходов в сутки.

# Конкретный пример биогазовой установки



В октябре 2010 года в селе Лучки Прохоровского района Белгородской обл. *ООО «АльтЭнерго»* начало строительство первой биогазовой установки.

Технико-экономические показатели:

Установленная мощность 2,4 МВт электроэнергии

Выработка электроэнергии 19,6 млн кВт/ч в год

Выработка тепловой энергии 18,2 тыс. Гкал. в год

Производство 66,8 тыс. тонн удобрений в год

Переработка сырья (в год):

14,6 тысяч тонн отходов бойни

26 тысяч тонн свиноводческих стоков

1,8 тысяч тонн канализационных отходов в виде шлама

26 тыс. тонн силоса

5 тыс. тонн воды

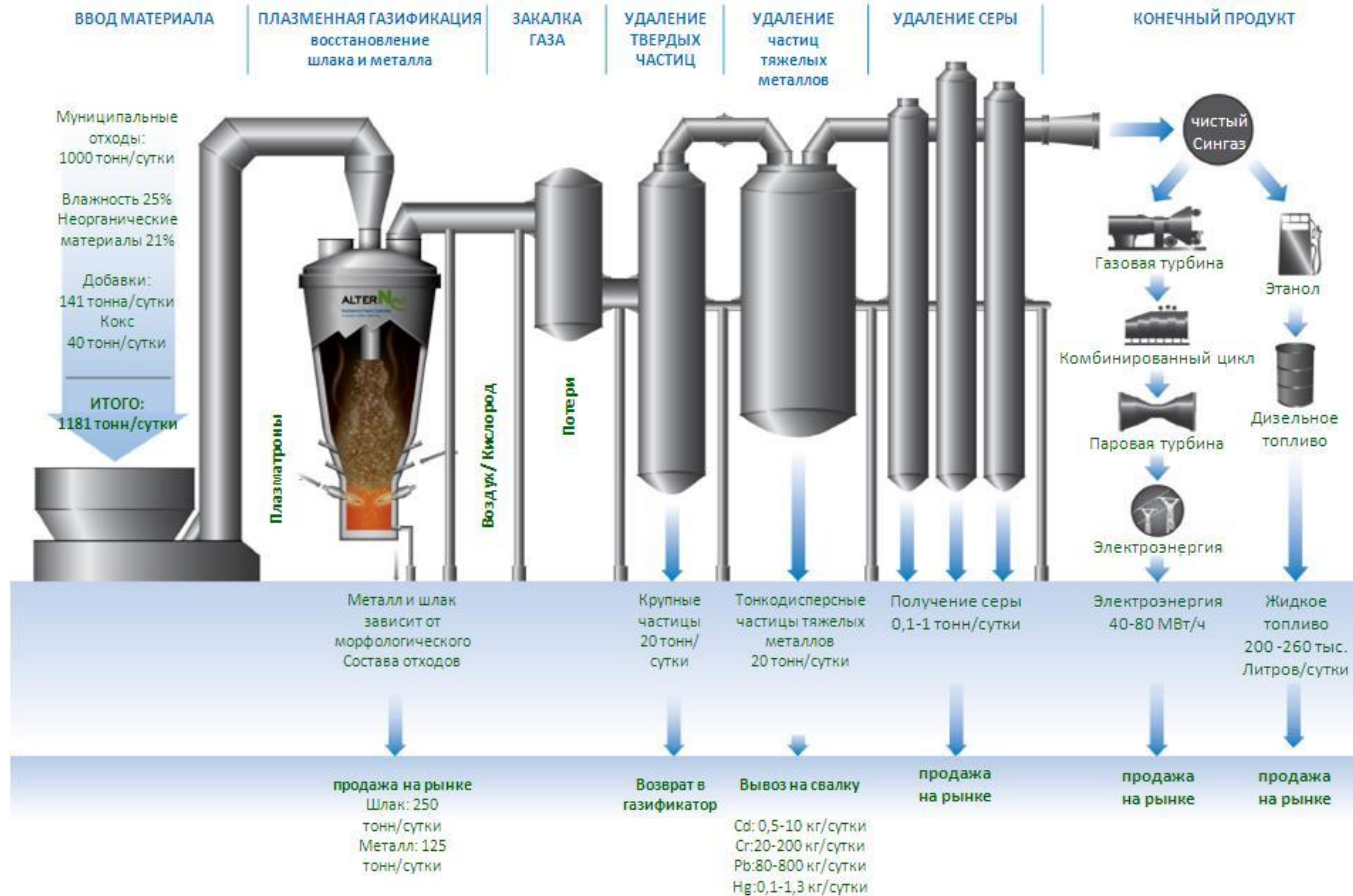
Всего 73400 тонн сырья в год.

Все компоненты (основное сырье) для производства биогаза будут поставлять белгородские сельхозпредприятия. В реализации проекта используется оборудование немецких производителей, поставляемое компанией Big Dutchman Agro.

# Плазменная газификация (высокотемпературный пиролиз)

- Технология плазменной газификации Westinghouse Plasma Corporation
- разработана для решения широкого круга задач одной, из которых является преобразование любых видов отходов, включая твердые бытовые отходы, биоотходы, опасные отходы, в электроэнергию/синтетическое топливо (дизельное топливо, этанол) и другие полезные материалы (тонна отходов равна **1-1,3 МВт/ч** электроэнергии). Является технологией промышленного использования, имеет коммерчески успешные инсталляции по всему миру (Япония, Индия, Англия, Китай, США).
- Конечный продукт процесса плазменной газификации **WPC** может быть разным, например электроэнергия, пар или жидкое топливо.
- Одновременно сокращаются выбросы вредных парниковых газов в атмосферу. Плазменная газификация – это испытанная технология, которая является решением сегодняшних проблем, поддерживая баланс между выработкой энергии и сохранением окружающей среды.
- Установка плазменной газификации работает при температуре, превышающей **5500°C (низкотемпературная плазма)**, гарантируя практически полное преобразование исходного сырья в синтетический газ. Неорганические вещества выводятся у основания газификатора в виде инертного шлака, который охлаждается и превращается в неопасный невыщелачиваемый продукт, который можно продавать как наполнитель для строительного материала.

# Плазменная газификация



# Экономические показатели плазменной газификации

- Переработка промышленных и бытовых отходов ....**1500 тонн в сутки**
- Выработки и передача потребителям электроэнергии.....**50 МВт/ч**
- Производства стекловидного шлака для изготовления блоков утепления из минеральной ваты .....>**300 тонн в сутки**
- **Общий размер инвестиций .....307,5 млн. дол. США.**
- **Распределение затрат:**
- Переработка отходов .....32%
- Очистка и подготовка газа .....28%
- Выработка электроэнергии/ производство синтетического топлива. ...40%
- Финансовые показатели:
- Период возврата инвестиций (для инвестора) .....**5,6 лет**
- Процентная ставка кредитования .....7%