

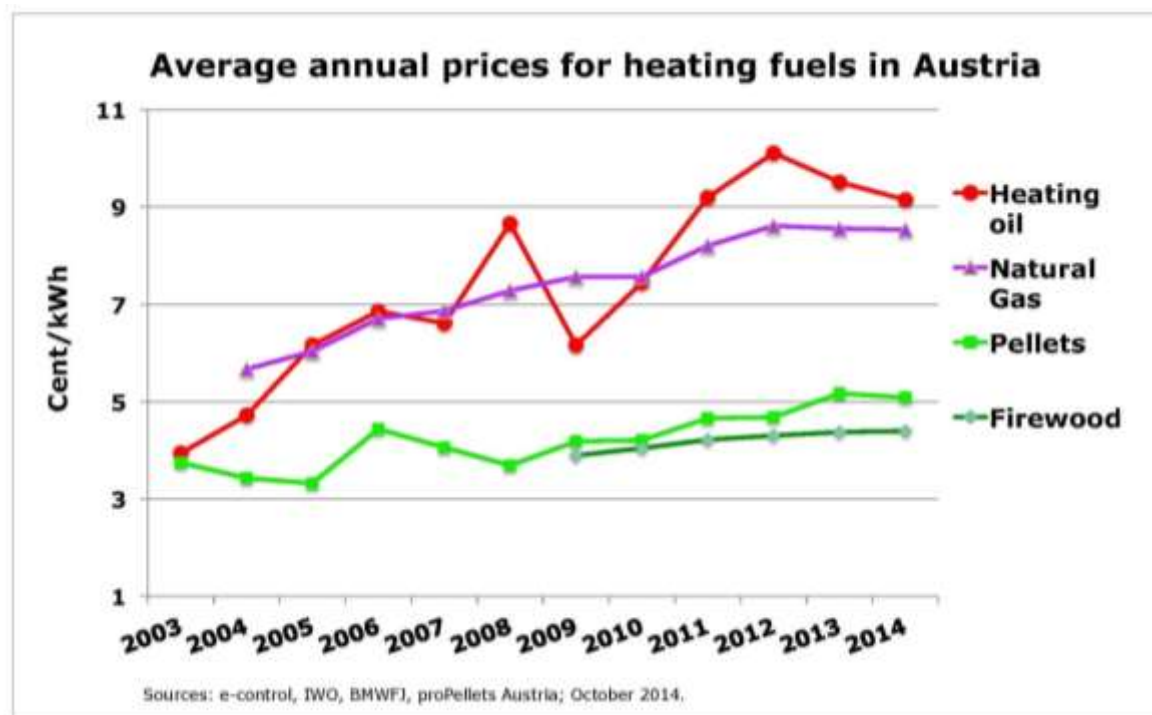
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ БИОМАССЫ В ТВЁРДОЕ ТОПЛИВО

**НАЦИОНАЛЬНАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ
«НЕЗАВИСИМАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»,
КОНФЕРЕНЦИЯ "КЛЮЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЗАМЕЩЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА", КИЕВ, 19-
20 НОЯБРЯ 2014 Г.
ИГОРЬ МАЛАШЕНКО**

АНАЛИЗ СИТУАЦИИ НА РЫНКЕ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА

Существуют устойчивые и объективные причины для динамичного развития рынка

Среднегодовые цены на тепловую энергию, получаемую при сжигании мазута, природного газа, пеллет и дров в Австрии (€cent/кВт*час)

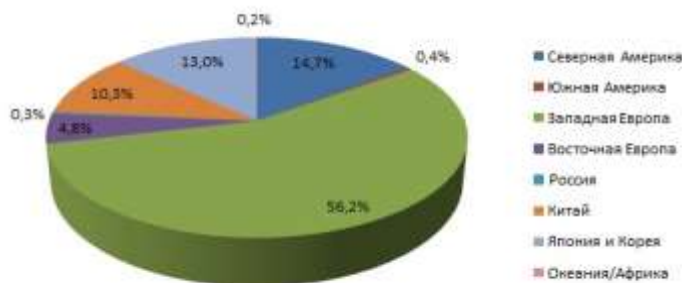


АНАЛИЗ СИТУАЦИИ НА РЫНКЕ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА

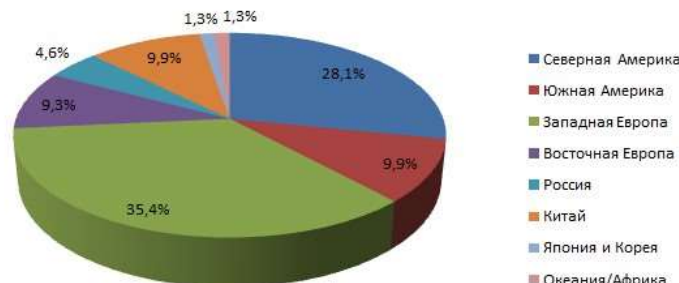
Прогноз мирового потребления пеллет в 2014-2020 г

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Прогноз потребления пеллет в мире, млн. тонн	27,0	29,2	33,0	36,0	39,0	42,0	47,3
Прогноз потребления пеллет в Европе, млн. тонн	16,2	16,4	18,8	20,1	21,4	22,7	23,8

Прогноз мирового потребления пеллет 2015 году



Прогноз мирового потребления пеллет 2015 году

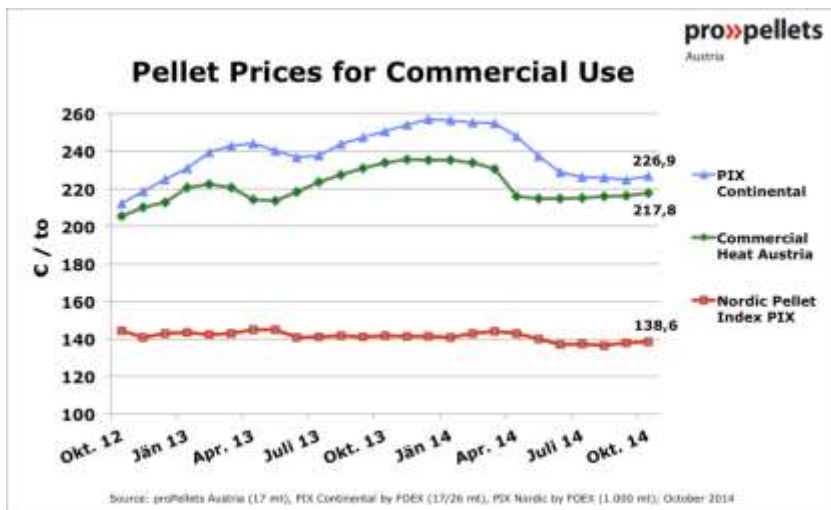


Оптовые цены на пеллеты формируются на нескольких специализированных биржевых площадках в различных странах ЕС и Северной Америки с разделением на два типа:

- индустриальный;
- коммерческий.

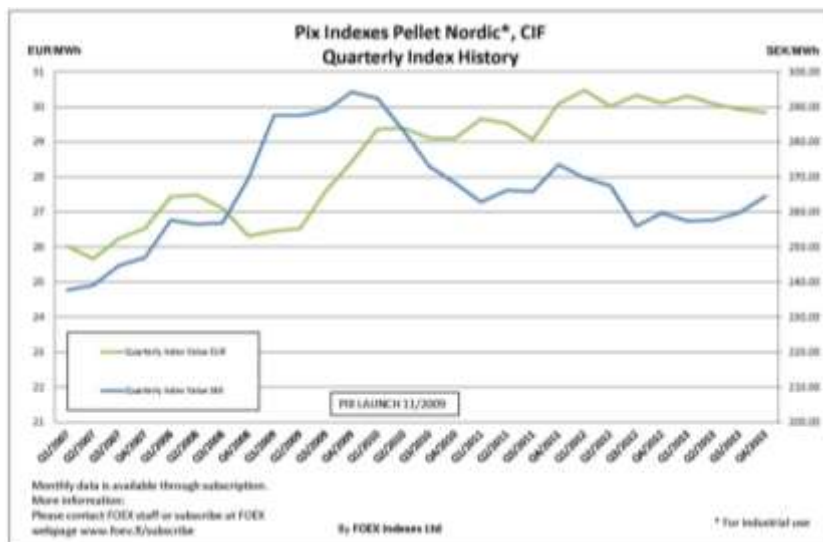
АНАЛИЗ СИТУАЦИИ НА РЫНКЕ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА

Цены на пеллеты для коммерческого и промышленного использования в Скандинавии и Центральной Европе (EUR/тонну)



PIX Pellet Continental Medium Scale Index Specification
Цены на древесные пеллеты стандарта ENplus-A2 / ÖNORM M 7135
Размер лота: 26 тонн в Германии, 17 тонн в Австрии
Цены нетто в €/тонну
Условия поставки: поставка на склад конечного клиента в Германии / Австрии в радиусе 50 км
Цены указаны без учета налогов, но расходы на погрузку включены

Цены на пеллеты для промышленного использования на условиях CIF порт Балтийское или Северное море (EUR/MBт*час)



PIX Pellet Nordic Industrial Index Specification
Цены на древесные пеллеты диаметром от 6 до 10 мм, зольность $\geq 3\%$, влажность $\geq 10\%$ и теплота сгорания $\geq 16,5$ ГДж/тонну
Цены указаны в €/MBт*ч или €/тонну (цены в €/тонну превращаются в €/MBт*ч с помощью коэффициента 4,8, если иное не указал поставщик)
Условия поставки: CIF порт Балтийского или в Северного моря (для морского транспорта) и DDU (для грузового или железнодорожного транспорта)
Цены нетто без налогов

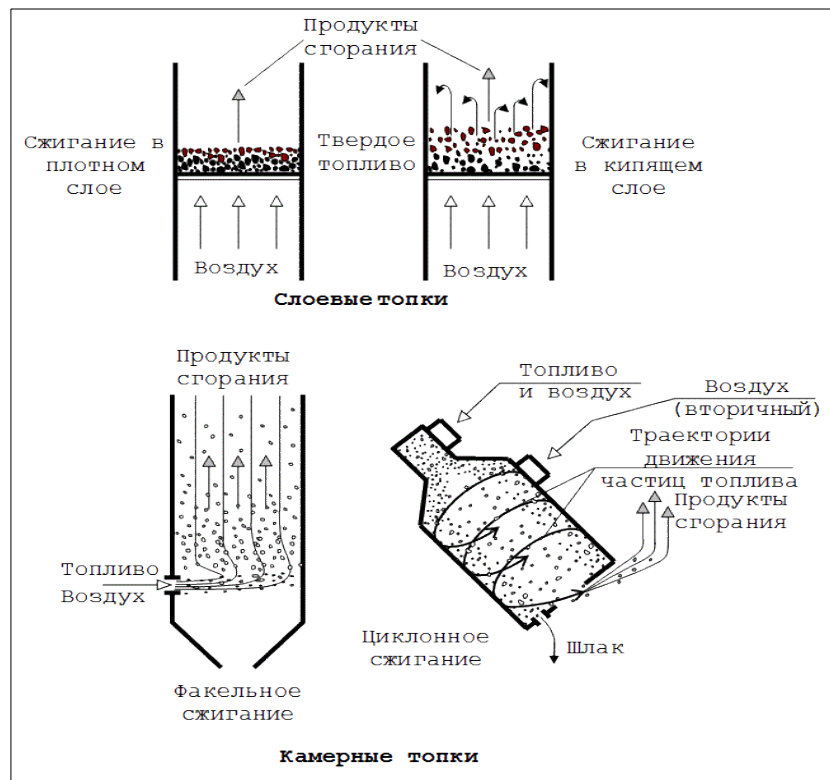
АНАЛИЗ СИТУАЦИИ НА РЫНКЕ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА

Основные выводы:

- Мировой рынок ТБТ динамично и устойчиво развивается, а соответственно является инвестиционно привлекательным. Это обусловлено объективными причинами.
- Основными сдерживающими факторами, влияющими на положительную динамику развития рынка ТБТ, являются:
 - Относительно низкая динамика изменения инфраструктуры генерации энергии;
 - Проблемы, связанные с замещением традиционного твёрдого топлива (угля) на биотопливо в «большой» энергетике;
 - Проблемы, связанные с невозможностью длительного хранения промышленных объёмов ТБТ.
- Существует прозрачный механизм ценообразования для древесных гранул (специализированные биржевые площадки).
- Существенным фактором, влияющим на рыночную цену твёрдого биотоплива, является сфера его применения, определяющая требования к качеству продукта.
- Подавляющая часть ТБТ в мире (~95%) производится из древесины.

ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА РАЗДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОГО БИОТОПЛИВА НА ТИПЫ

Три основных способа организации топочных процессов в твердотопливных котлах



Топочный процесс	Преимущества	Недостатки	Тип ТБТ
Слоевой	Низкая стоимость; Простота эксплуатации	Низкий КПД; Повышенные требования к зольности топлива и температуре плавления золы	Коммерческий
Факельный; Циклонный (вихревой)	Высокий КПД Невысокие требования к топливу	Высокая стоимость; Наличие системы предварительной подготовки топлива (пылеприготовления)	Индустриальный

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ДЛЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО БИОТОПЛИВА

Спецификации стандарта ЕС - EN 14961-2

	Норматив качества	EN plus- A1	EN plus- A2	EN-B
1	Диаметр, мм	6 или 8	6 или 8	6 или 8
2	Длина, мм	$3,15 \leq L \leq 40$	$3,15 \leq L \leq 40$	$3,15 \leq L \leq 40$
3	Абсолютная влажность, (%)	≤ 10	≤ 10	≤ 10
4	Насыпная плотность, (кг/м ³)	≥ 600	≥ 600	≥ 600
5	Содержание мелкой фракции/пыли, (%)	≤ 1	≤ 1	≤ 1
6	Механическая стойкость, (%)	$\geq 97,5$	$\geq 97,5$	$\geq 96,5$
7	Теплота сгорания, (МДж\кг)	$\geq 16,5$	$\geq 16,3$	$\geq 16,0$
8	Зольность, (%)	$\leq 0,7$	$\leq 1,5$	$\leq 3,0$
9	Показатель плавления золы, (\geq °C)	≥ 1200	≥ 1100	≥ 1100
10	Хлор, (%)	$\leq 0,02$	$\leq 0,02$	$\leq 0,03$
11	Сера, (%)	$\leq 0,03$	$\leq 0,03$	$\leq 0,04$
12	Азот, (%)	$\leq 0,3$	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$
13	Свинец, (мг/кг)	≤ 10	≤ 10	≤ 10
14	Хром, (мг/кг)	≤ 10	≤ 10	≤ 10
15	Арсен, (мг/кг)	≤ 1	≤ 1	≤ 1
16	Кадмий, (мг/кг)	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$
17	Ртуть, (мг/кг)	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$
18	Медь, (мг/кг)	≤ 10	≤ 10	≤ 10
19	Никель, (мг/кг)	≤ 10	≤ 10	≤ 10
20	Цинк, (мг/кг)	≤ 100	≤ 100	≤ 100

Массовый (в %) состав золы, S, N у различных видов биомассы

Вид биомассы	Показатели качества биомассы		
	Зола, %	S, %	N, %
Подсолнечник	2,8	0,2	0,5
Гречка	1,3	0,1	0,7
Дрова	1,0	0,0	0,7
Торф	12,6	0,2	2,2
Рис	21,1	0,1	0,3
Шрот рапса	4,8	0,9	0,6
Соя	3,5	0,2	0,6
Солома	5,3	0,2	0,4

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДОГО ГРАНУЛИРОВАННОГО БИОТОПЛИВА

Историческая справка

1932 год – при производстве кормов впервые применен процесс гранулирования биомассы, основанный на измельчении материала и последующем его прессовании

1976 год - баварец Руди Гуннерман впервые изготовил древесные пеллеты, воспользовавшись технологией гранулирования, чтобы сэкономить средства на перевозку отходов. В то время он жил в США и древесные пеллеты там стали использовать в отопительных целях.

1984-1988 годы – начато массовое производство пеллет в Европе (Швеция) из отходов лесопереработки.

С начала 90-х годов - начато массовое производство пеллет в промышленных целях в таких странах, как Канада, Дания, Австрия, Голландия, Финляндия, Норвегия, Англия, Франция и Италия.

1998 год – начало производства пеллет в Германии.

Схема технологического процесса производства ТБТ первого поколения



АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТБТ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

С точки зрения влияния технологического процесса на конечный продукт, все нормативы качества, регламентированные стандартом EN 14961-2, можно разделить на две категории:

- Нормативы, не зависящие от технологического воздействия на биомассу (позиции с 8 по 20 в спецификации стандарта ENPlus);
- Нормативы, зависящие от технологического воздействия на биомассу (позиции с 1 по 6 в спецификации стандарта ENPlus).
 - Показатели, не зависящие от изменения входных параметров биомассы – диаметр, длина и абсолютная влажность;
 - Показатели, «критичные» к изменениям входных параметров биомассы – насыпная плотность, содержание мелкой фракции, механическая стойкость.

В этом случае, под «критичностью» необходимо понимать то, что относительно незначительные изменения физико-механических характеристик сырья (температура, влажность, дисперсный состав) приводят к принципиальным изменениям показателей качества продукции. При этом, значительно увеличиваются затраты на производство единицы продукта.

Основной причиной современного состояния технологии производства ТБТ первого поколения, является отсутствие адекватного понимания физико-химических закономерностей, обуславливающих процессы, происходящие при гранулировании биомассы. Важно подчеркнуть, что процесс разработки технологии гранулирования биомассы, с целью получения твёрдого топлива, исторически использовал, внешне похожие, технологические подходы к производству гранулированных кормов. Прямой «механистический» перенос «кормовой» технологии на «топливную» не корректен. Это связано с тем, что химический и дисперсный состав сырья для гранулирования имеют принципиальные отличия, а различные цели использования продукта, требуют от получаемых гранул отличающихся потребительских свойств.

ВЫВОД:

Дальнейшее совершенствование технологии получения твёрдого гранулированного биотоплива лежит в области изменения существующих технологических подходов и должно основываться на глубоком понимании физико-химических свойств биомассы.

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТБТ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Завод по производству пеллет производительностью 5 тонн/час



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОРРЕФИЦИРОВАННОГО ТБТ

Торрефицированные, или биоугольные (черные), пеллеты обладают рядом достоинств по сравнению с обычными, иначе называемыми белыми. Эти достоинства особенно явно проявляются при совместном сжигании торрефицированных пеллет и угля на теплоэлектростанциях (ТЭС).

За разными рыночными наименованиями скрывается один и тот же известный процесс производства: обжиг твердой биомассы (англ. - torrefaction) и последующее ее гранулирование в пеллеты; подобная технология применяется при обжиге кофейных зерен. Процесс обжига был впервые применен в 1930-е годы во Франции (французский глагол torrefier, который переводится как «жариться», в основном используется для обозначения процесса обжига кофейных зерен). В отличие от зерен кофе, твердая биомасса обжигается без доступа кислорода при температуре 200-330 °С.

Химический анализ биомассы после такого обжига показал, что она приобретает большие теплоту сгорания, энергоемкость и улучшенные по сравнению с неторрефицированной биомассой параметры горения. Процесс обжига применим к любым видам биомассы.

Торрефицированные пеллеты приобретают гидрофобность, то есть способность отталкивать влагу и противостоять процессам гниения и брожения, что дает возможность хранить их даже под открытым небом.

Влияние параметров процесса торрефикации на состав торрефицированной древесины

Химический состав и физические характеристики древесины	Древесина ивы до торрефикации	Древесина ивы после торрефикации, режим – 250 °С, 30 минут	Древесина ивы после торрефикации, режим – 300 °С, 10 минут
Углерод, %	47,2	53,1	55,8
Водород, %	6,1	5,9	5,6
Кислород, %	45,1	40,9	36,2
Азот, %	0,3	0,4	0,5
Зола, %	1,3	1,5	1,9
Теплота сгорания, МДж/кг	17,6	19,4	21
Масса, кг	1	0,872	0,668

В мире сейчас занимаются торрефикацией более 60 коммерческих компаний и НИИ.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОРРЕФИЦИРОВАННОГО ТБТ

Завод по производству торрефицированных
пеллет производительностью 8 тонн/час

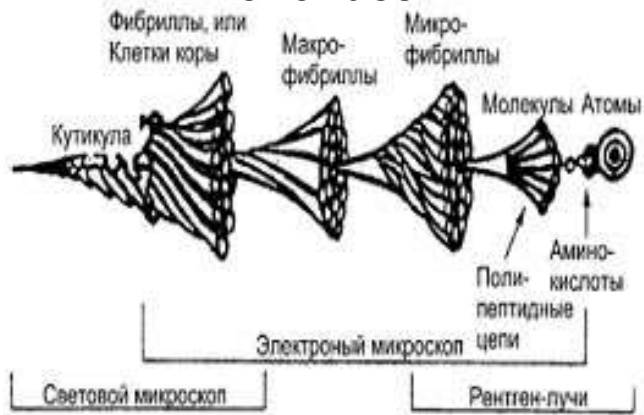


ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТБТ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Из всей совокупности факторов, определяющих способность биомассы к гранулированию, основным является химическая характеристика продукта. Учитывая, что в составе сухих веществ биомассы свыше 90 % приходится на долю биополимеров (целлюлоза, полисахариды, лигнин и др.), выдвинута рабочая гипотеза, согласно которой в основе механизма гранулирования биомассы лежат физико-химические и химические превращения биополимеров. С этих позиций необходимо рассматривать биомассу на трех взаимосвязанных уровнях:

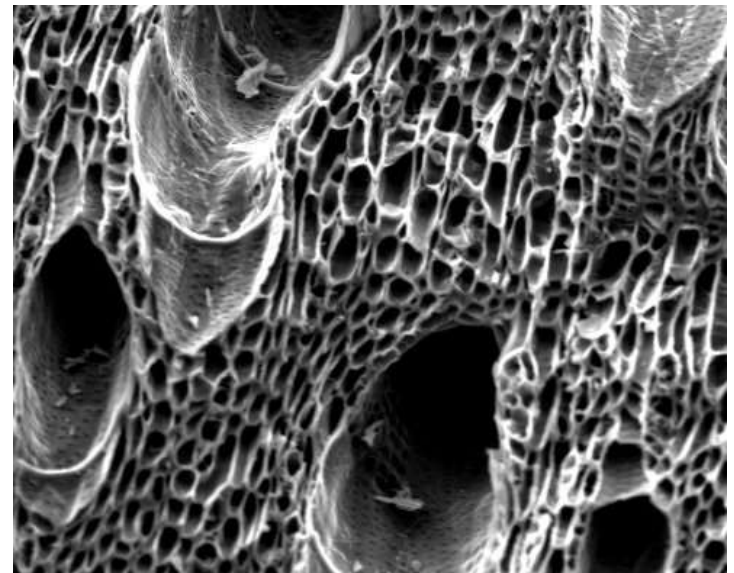
- субмикроскопическое строение стенки клетки;
- надмолекулярная структура природных органических макромолекул;
- структура молекулярных цепей биополимеров и связи между ними.

Молекулярная структура биомассы



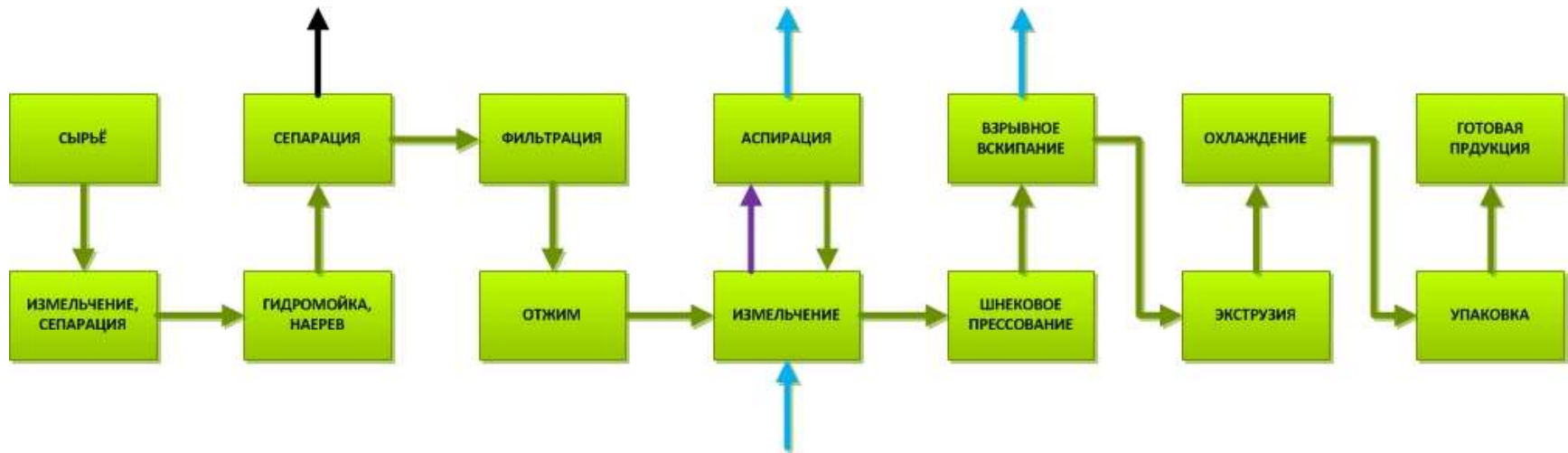
Не менее важным фактором, влияющим на гранулирование биомассы, является ее макроструктура. С этой точки зрения биомасса является капиллярнопористым коллоидным веществом, обладающим сложной многоуровневой структурой.

Микрофотография древесины



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТБТ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Структурная схема технологического процесса производства ТБТ второго поколения

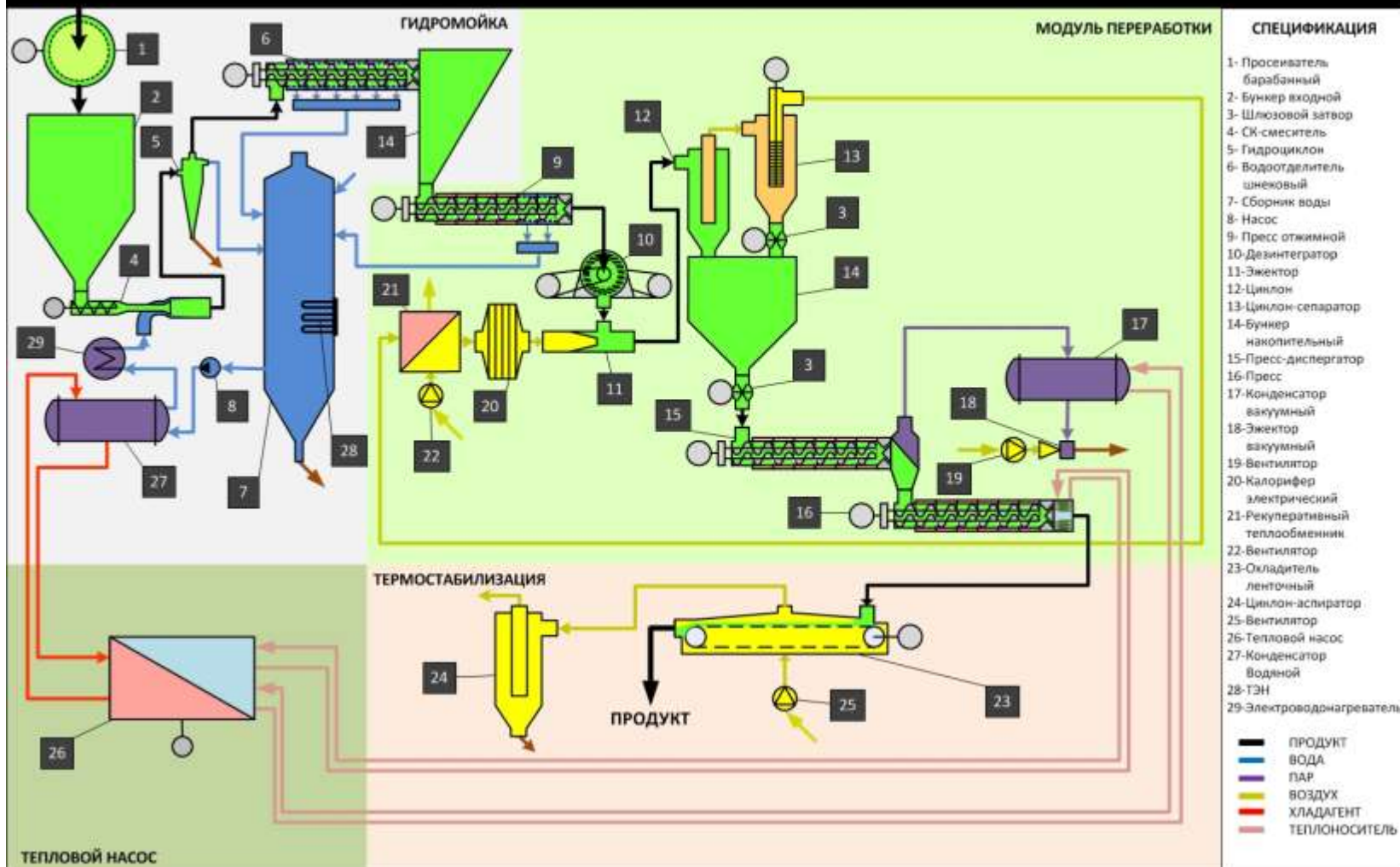


Технологические задачи решаемые на каждом этапе процесса производства:

1. Гидромойка – разделение деление минеральных и металлических компонентов, нагрев сырья;
2. Сепарация - отделение минеральных и металлических компонентов в гидроциклоне;
3. Фильтрация – первичное отделение биомассы от жидкости;
4. Отжим - удаление воды из биомассы до абсолютной влажности ~ 12 -15 %;
5. Измельчение – дезинтеграция биомассы до состояния, где характерный размер частицы не более 100 мкм;
6. Шнековое прессование - переход биомассы в вязко-текучее агрегатное состояние;
7. Взрывное вскипание – дополнительное диспергирование биомассы и удаление жидкости;
8. Экструзия – придание продукту формы;
9. Охлаждение - возврат биомассы в твердое агрегатное состояние.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТБТ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
производства гранулированного биотоплива



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТБТ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Гидролизный
лигнин



Торф

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТБТ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Компост;



Растительные отходы,
образующиеся при уборке
подсолнечника;

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТБТ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ



Оценка качества полученных гранул:

- Насыпная плотность – 800-850 кг/м³ (мнимая плотность – 1300-1350 кг/м³),
- Содержание мелкой фракции - ≤0,2%
- Механическая стойкость – 99,3%.

Показатели качества, отражающие химический состав топливных гранул, оставались неизменным, относительно сырья. Это означает, что новый технологический подход к переработке биомассы, позволяет получать топливные гранулы с показателями качества, значительно превышающими требования стандарта ЕС, вне зависимости от типа биомассы, что подтверждает гипотезу о инвариантности технологии к сырью.

Теплотворная способность –
21,5 МДж/кг

Спасибо за Ваше внимание!