



Ministry of Education and Science of Russian Federation
Saint Petersburg State University
of Industrial Technologies and Design
(SPbSUITD)
HIGHER SCHOOL OF TECHNOLOGY AND ENERGY



Био-энергия и «Чистая Энергия»

Профессор Э. Л. Аким,

Почетный Член Консультативного Комитета ФАО ООН
по устойчивости Лесного сектора,

Заведующий кафедрой

Akim-ed@mail.ru

Чистая Энергия - 2016,

Санкт-Петербург,

Ноябрь 2016



Pellets for small-scale domestic heating systems



SCHEMATA WYKONANIA PROGRAMU

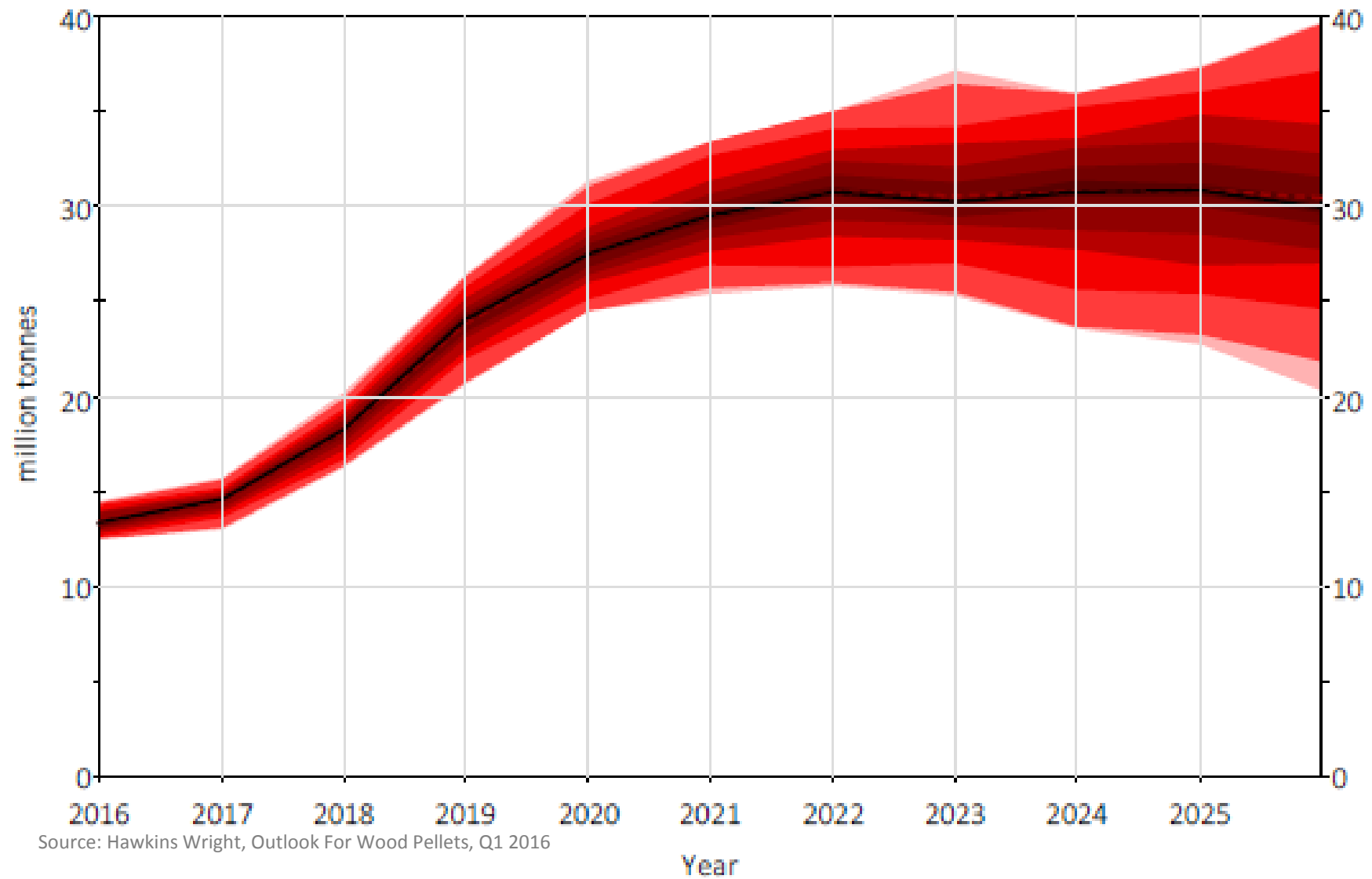


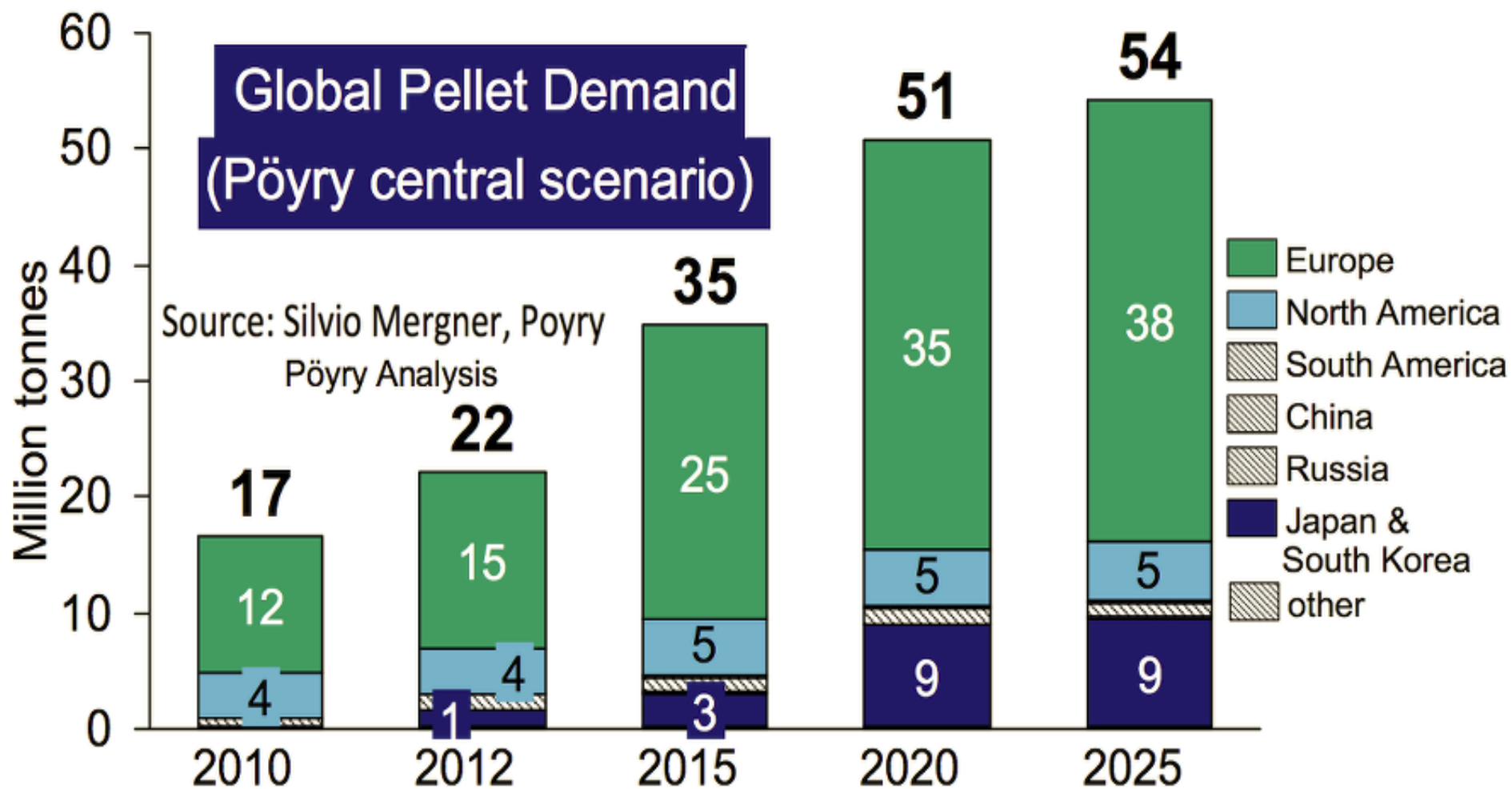
Глобальный рынок пеллет достигнет к 2020 9 миллиардов US\$



Мировой рынок пеллет, как ожидают, удвоится за следующие семь лет (Международная Конференция по Биомассе 24-27 марта 2014, Орландо, Флорида).

Прогноз развития мирового производства пеллет





Дрова – традиционное био-топливо

Термин «Биоэнергия» относится ко всем видам энергии, полученным из био-топлива (ФАО ООН, Рим 2008)



Био-топливо как часть лесного сектора

- *В последние 5-10 лет из всех видов древесных продуктов (бумага и картон, древесные плиты, фанера, пиломатериалы, конструкционные материалы из древесины и др.), наиболее динамично развивается биотопливо и, прежде всего, древесные пеллеты. По данным UNECE/FAO TIMBER database, 2015, (июнь 2015 года), производство древесных пеллет в регионе UNECE (Западная Европа, СНГ, Северная Америка) составило около 25 млн. тонн, в то время, как в 2012 году оно составляло около 19 млн. тонн. За год, с 2013 по 2014 год в США рост составил 21,1%, в РФ – 30,5%.*
- *Потребление пеллет в регионе UNECE (Западная Европа, СНГ, Северная Америка) выросло с 18 млн. тонн в 2012 году до свыше 25 млн. тонн в 2014 году, т.е. рост на 40%.*
- *Практически можно говорить о создании за последние 10-15 лет нового, динамично развивающегося, самостоятельного сегмента лесного сектора.*

Добавочная стоимость и занятость при различных направлениях переработки древесины (на тонну сухой древесины)

RISI, 2007, Global Pulpwood Review

Направление переработки древесины	Добавочная стоимость, евро	Трудоемкость, человеко-часы
Глубокая механическая	1044	54
Целлюлозно-бумажная промышленность	993	124
Био-энергетика	199	2

Работающая на био-топливе Когенерационная микроустановка (E3 Micro-Scale Biomass CHP Plant)



Био-энергетика – проблемы развития

- **Кинетика воспроизводства (прирост) и удельная производительность на единицу площади суши (плантации) или воды (микро-водоросли);**
- **Истощение почв при интенсивном лесопользовании и плантационном лесоразведении;**
- **Комплексность использования древесины;**
- **Комплексность использования лесных ресурсов;**
- **Повышение энерго-эффективности.**

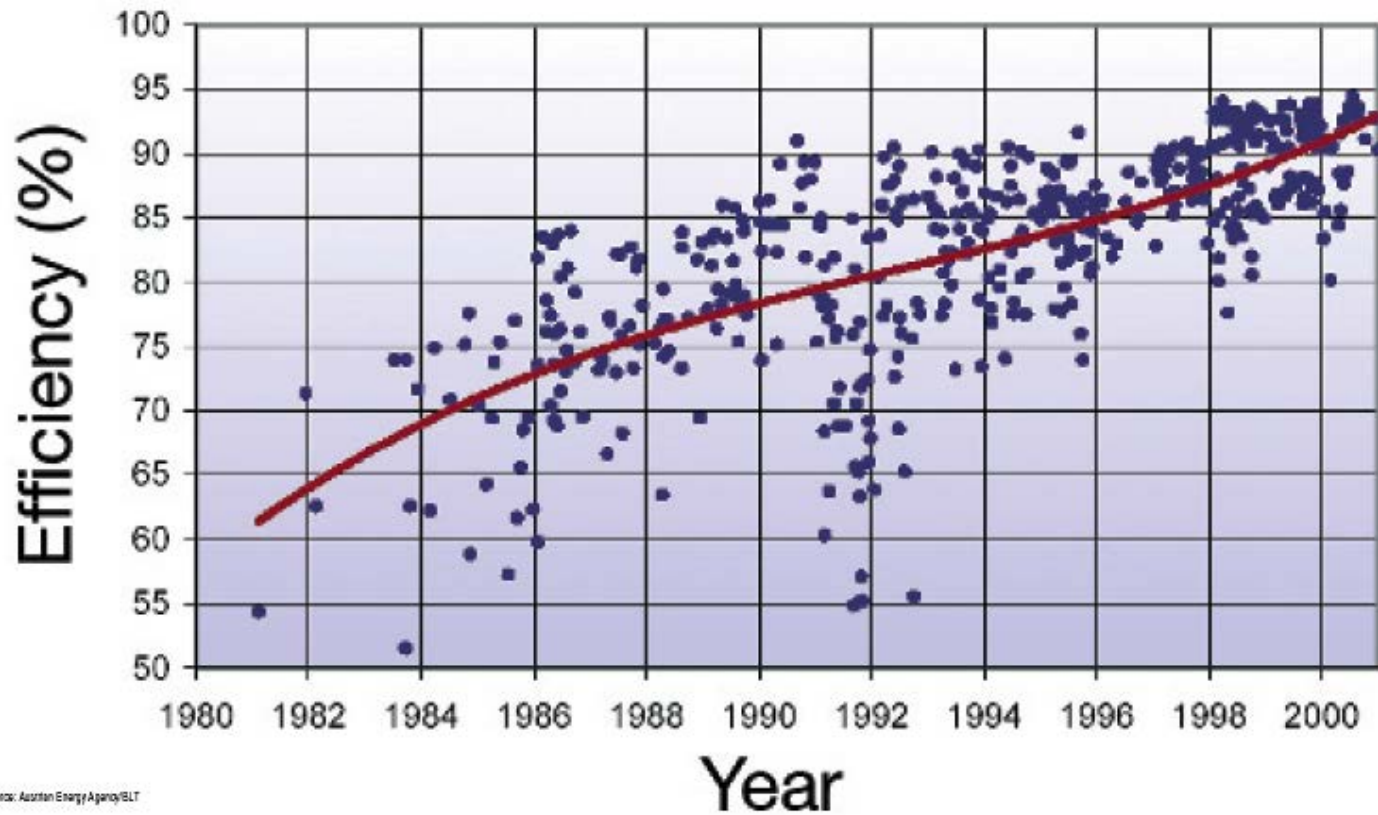
Энергоэффективность

- Открытые источники огня - около 5%;
- Традиционные дровяные печи –до 36%;
- Системы на древесном угле – 44 – 80%;
- Системы на древесных гранулах – 80% и выше

FAO Forestry Paper 154, 2008

Рост эффективности сжигания древесины

Efficiency of wood boilers for domestic use



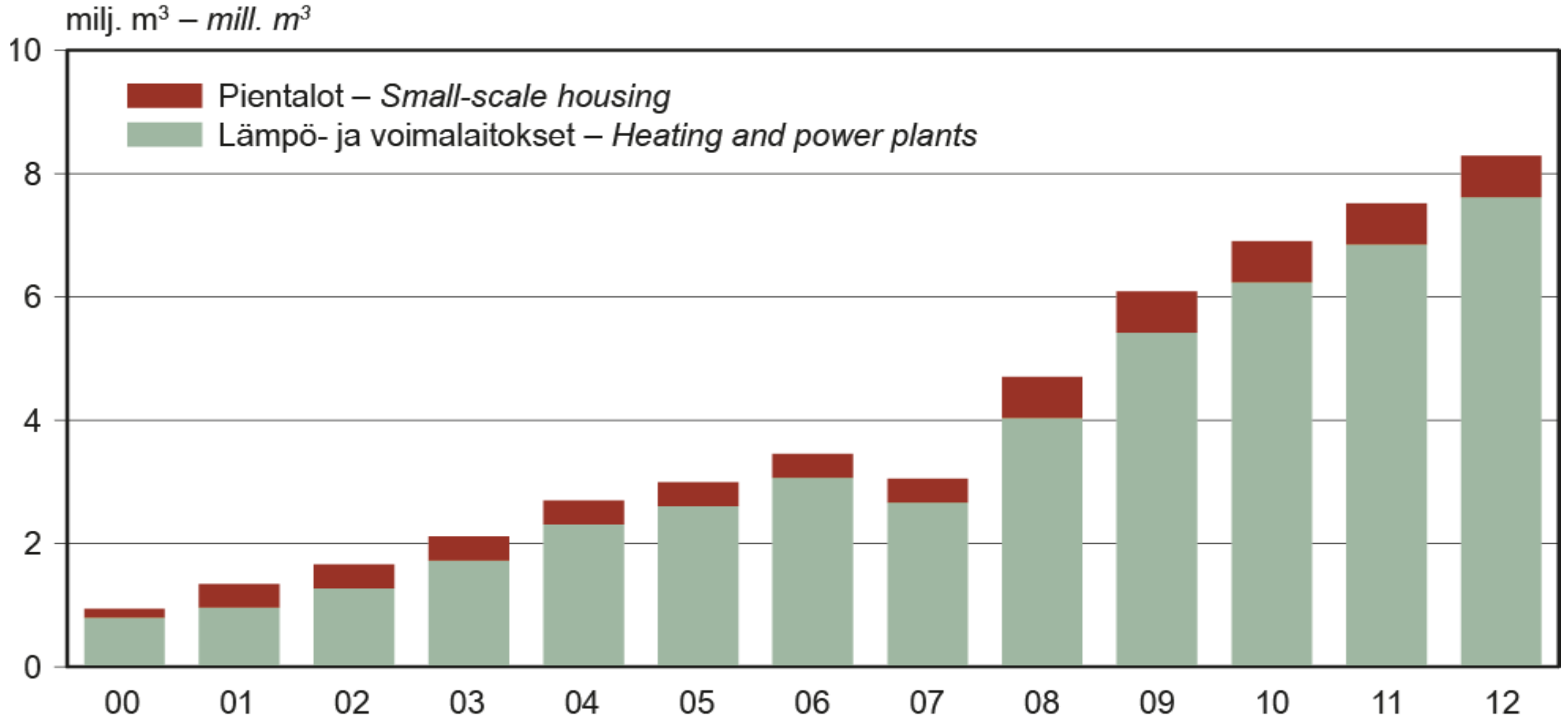
Source: Azarbaijan Energy Agency/BLT

Использование лесной щепы в Финляндии в 2000-2012

(Тонкомер-51%, Порубочные остатки -31%, Пни и корни – 13%, Дровяная древесина – 5%)

Котельные и электростанции - серые; Мелкие бойлеры в домах - красные)

Источник: Тимо Карьялайнен, Лесной Форум, СПб, октябрь 2014

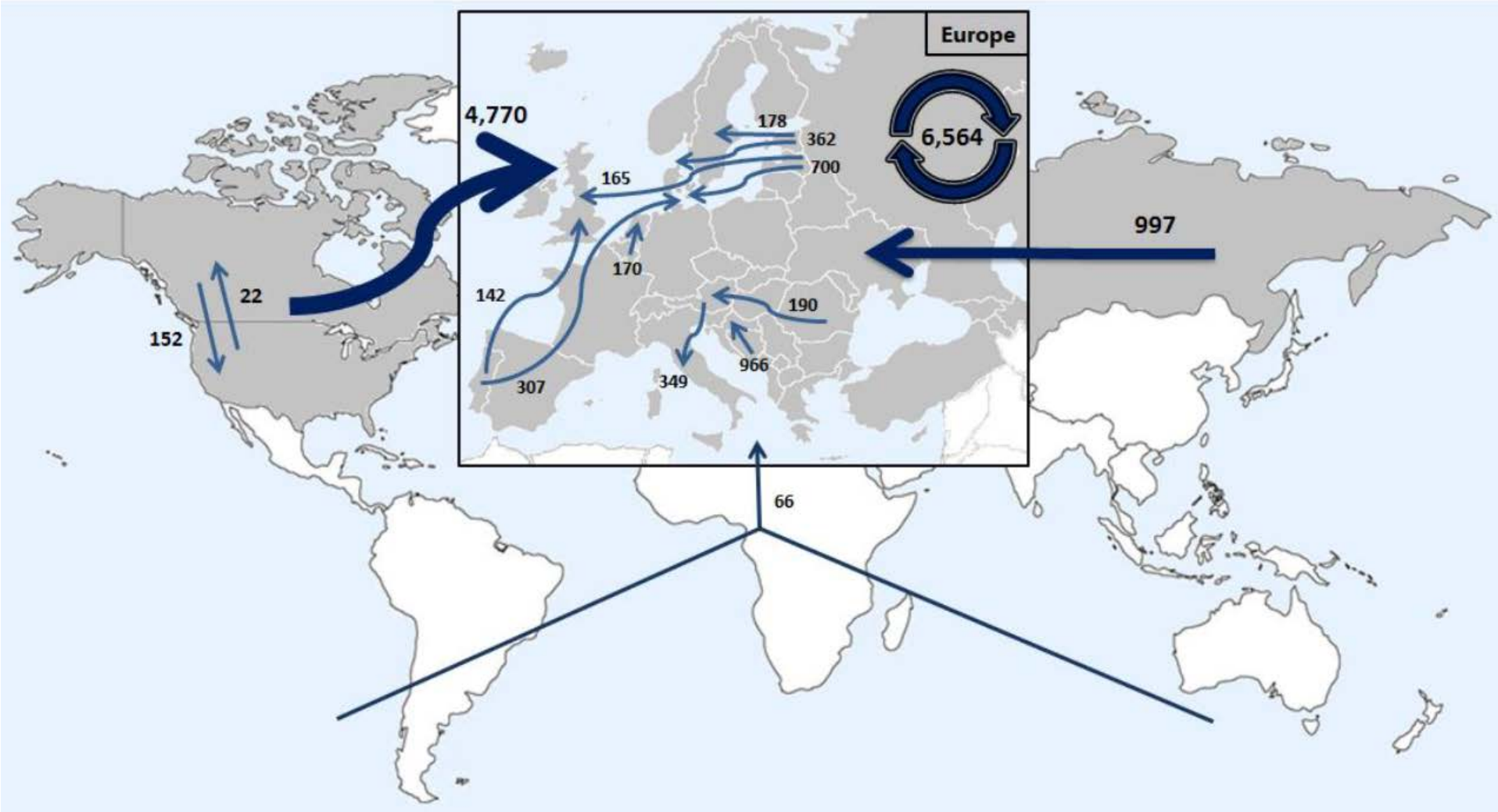


Сравнение древесной щепы и пеллет

(Source: Reesinck, GF Energy, 2010)

	Щепа	Пеллеты
Теплотворная способность, GJ/тонну	10	17.5
Плотность, Кг/кубометр	290	650
Энергетическая плотность, GJ/m ³	2.9	11.4

Global main trade flows of wood pellets, 2013 (thousand tonnes)



Биотопливо нового поколения

Непрерывно расширяющееся использование пеллет (энергогранул) обусловлено их высоким энергосодержанием (в 3-5 раз выше, чем у древесной щепы).

Для производства 1 ГВтЧ энергии необходимо 385 кубометров пеллет или 1200-1800 кубометров щепы.

Производство и применение пеллет базируется на ряде научных принципов, обеспечивающих при совместном использовании очень высокую эффективность (КПД до 95-97%).

Влажность

- В отличие от исходной древесины, имеющей благодаря природной капиллярно-пористой структуре влажность 30-50%, пеллеты имеют влажность 6-8%.
- Сжигание пеллет осуществляется в две стадии – газификация в условиях контролируемого недостатка кислорода (лямбда-датчики) и вихревое сжигание газообразных продуктов в смеси со вторичным воздухом.
 - Отсутствие в древесине серы (обуславливающей при сжигании большинства других видов топлива возможность образования сернокислотного тумана) позволяет вести глубокое охлаждение отходящих газов - ниже точки росы– до 30-50°С

Теплотворная способность, мДж/кг

Дрова, щепа	8-17
Пеллеты	18-19
Торрефицированная древесина	22-23
Древесный уголь	30 - 33
Каменный уголь	20-37

Перспективы потребления пеллет

- **Западная Европа:**

Рост с 20 миллион тонн - 2013 г.

до 28 миллион тонн к 2015 и

до 42 миллион тонн к 2020.

Производство в России в 2012 году древесных пеллет и брикетов (FRAMR 2013)

В 2012 году производство пеллет в РФ выросло на 50% и достигло 1,5 млн. тонн, из которых на экспорт идет 96% (ЕС, Республика Корея).

Производство брикетов выросло на 20% и достигло 0,3 млн. тонн, из которых на внутренний рынок идет 40%.

Основная проблема – развитие внутреннего рынка пеллет для муниципальных и индивидуальных котельных.



**ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО
СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДО 2030 ГОДА**



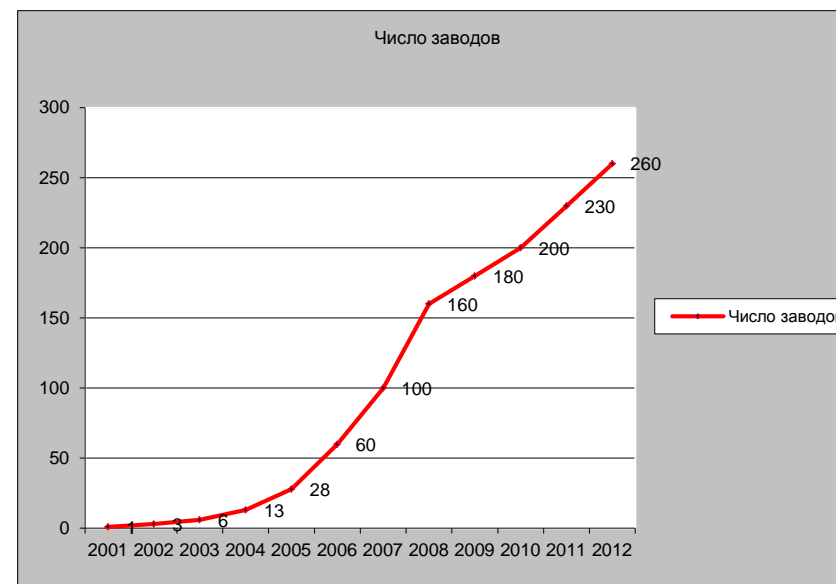
Основные направления развития отечественной биоэнергетики

Наименование направления	Сырье	Продукция	Рынок
Первичная переработка дровяной древесины и отходов на щепу	Дрова, отходы лесозаготовки и деревопереработки	Щепа топливная	Российский
		Теплоэнергия	Российский
		Единицы сокращенных выбросов	Европейский
Производство пеллет и брикетов	Отходы деревопереработки	Гранулированное топливо (пеллеты, брикеты)	Европейский Российский
Углубленная переработка на новые биоэнергетические продукты	Отходы деревопереработки	Торрефицированные продукты, жидкие и газообразные виды био-топлива	Европейский Российский

Биотопливные заводы в России

Объем частных инвестиций - с 2001 года – около 1млрд. евро

- 2001 – 1 завод («Биотопливо», Гатчина)
- 2002 – 2-3 производства
- 2003 – 6-7 действующих завода
- 2004 - 13-15 заводов
- 2005 – 28 заводов в России на конец года
- 2006 – в настоящее время – около 45-50 действующих производств по всей стране
- 2007 – 100-110 заводов
- 2008 – 160 производств!
- 2010 – около 200 производств
- 2011-12 - около 250 производств



Место био-энергетики среди ВИЭ

Вид ВИЭ	Скорость производства	Вид первичной энергии	Масштабы переработки	Аккумуляция и транспортабельность,
Биотопливо	высокая	Тепловая	Любые	Высокая
Ветровая		Электрическая		
Солнечная		Электрическая		
Гидро		Электрическая		
Приливная		Электрическая		
Гео-термальная		Тепловая		

Доля различных ВИЭ в общем объеме (По данным МЭА - 2009 г.) возобновляемых и вторичных энергоресурсов (Общая доля всех ВИЭ – 13%)

Вид ВИЭ	Доля, %
Твердое биотопливо (и древесный уголь)	69,4
Жидкое биотопливо	3,3
Гидроэнергия	17,3
Геотермальная	3,8
Ветровая	1,5
Солнечная и приливная	0,9

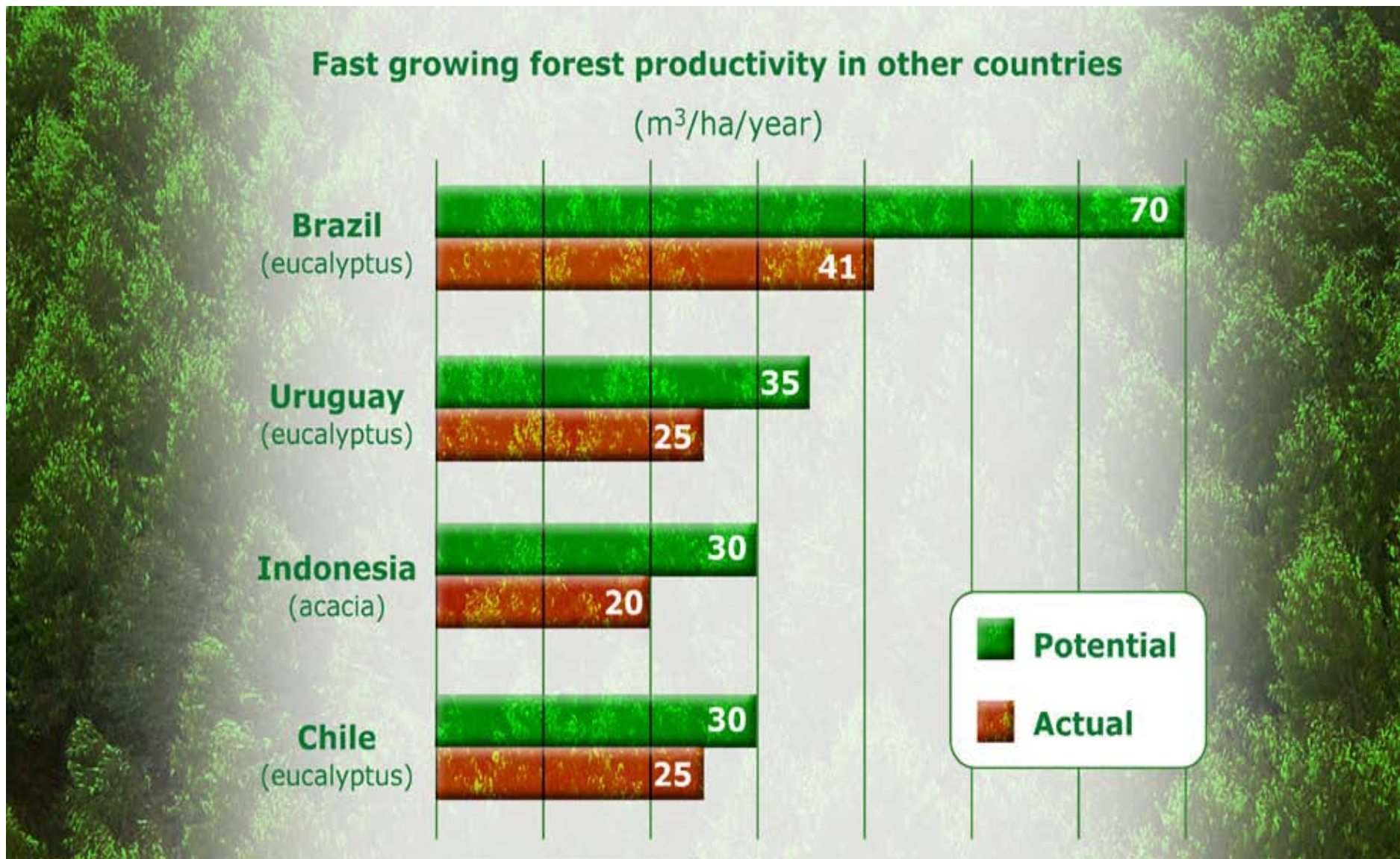
Био-энергетика – достоинства

- Энергоэффективность
- Транспортабельность
- Безопасность и устойчивость к терроризму
- Трансформация в электроэнергию
- Трансформация древесины в моторное топливо
- Совместимость с ископаемыми видами топлива
- Совместимость с существующими энергосистемами и инфраструктурой
- Возможность использования в автоматизированных автономных отопительных системах малого и среднего размера

Черный щелок как био-топливо

- Следует особо отметить, что для современной ЦБП, использование ряда видов био-топлива традиционно является составной частью технологии. Это относится, прежде всего, к черному щелоку и коре. По материалам ФАО ООН, (Рим 2008), термин «Биоэнергия» относится ко всем видам энергии, полученным из био-топлива. Одним из важнейших видов жидкого био-топлива является образующийся в процессе производства целлюлозы из биомассы древесины сульфатным способом **черный щелок** - сложная смесь органических (в основном лигнин, гемицеллюлозы) веществ с минеральными. В качестве биотоплива черный щелок в процессе регенерации химикатов сжигается в содорегенерационных котлах (СРК) с получением тепла и электрической энергии.

Фактическая и перспективная продуктивность плантаций



Занимая 1% площади Бразилии плантации позволили сохранить природные леса на 61% ее территории



Система совмещенных плантаций - лесных и технических агро-культур (агро-форестри)

Используется междурядное размещение культур и дополнительное землепользование (например, посадки **салекса - ивняка для биотоплива**, масличных культур для биотоплива). Такие плантации начинают давать отдачу уже на второй-третий год после закладки.

В Китае молодые деревья смешаны с маниокой, ананасами, травами или чаем. Также плантации используются как пастбища для скота, домашней птицы и пчел.

Такая система способствует социальному развитию и устойчивости.



17 9 2009

Микроводоросли и ЦБП

ЦБК имеют огромные количества вторичного тепла, сбрасываемого с очищенными стоками в водоемы:

среднегодовая температура забираемой воды - $5-7^{\circ}\text{C}$,

среднегодовая температура стоков - $35-40^{\circ}\text{C}$

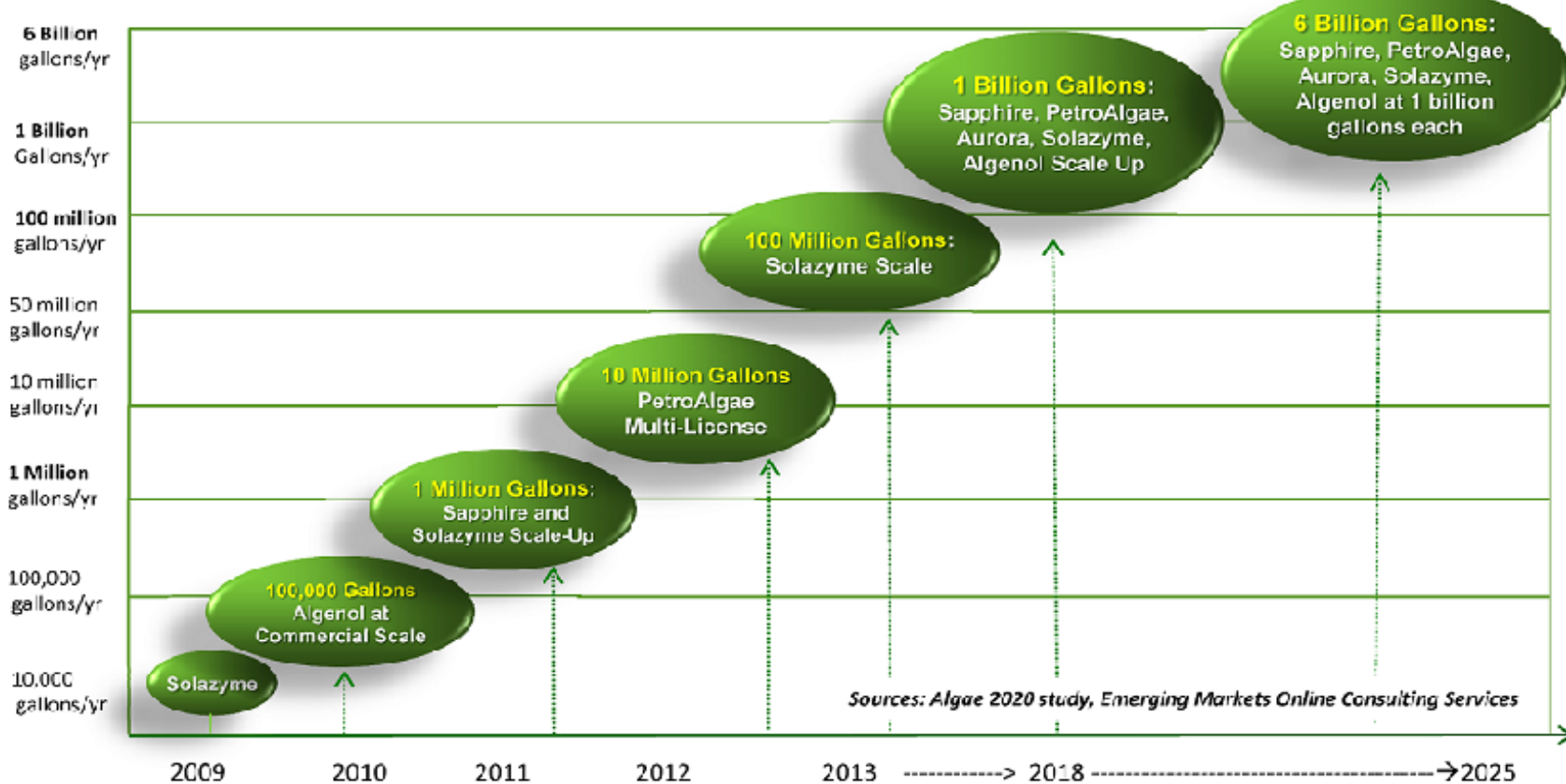
объем для крупных комбинатов – 150-300 тысяч кубометров в сутки.

Эта вода может быть использована, в перспективе, для выращивания микроводорослей.

Прогноз развития производства микроводорослей

Algae Biofuels Forecast Scenarios - Based on Producer Milestones

Commercial market timelines based on estimated scale up of major algae biomass producers



Производство микроводорослей (альга) в Нидерландах



Совместное использование био-реактора и водоемов



Разработки по биотопливу СПб ГТУ РП, «Илима», КВИ и ОАО «Светогорск».

- В августе 2014 г. ОАО «Группа «Илим» и СПб ГТУ РП успешно завершили и в 2014-2016 гг. реализовали проект «Лиственница» - крупнейший инновационный проект в Лесном секторе России (Частно-государственное партнерство –свыше 350 млн. руб.). В рамках проекта в качестве био-топлива стал успешно использоваться один из компонентов древесины лиственницы – арабиногалактан.

В 2007-2008 году на Светогорском ЦБК реализован ряд инновационных технологий, обеспечивших увеличение использования биотоплива на 150-200 тонн в сутки

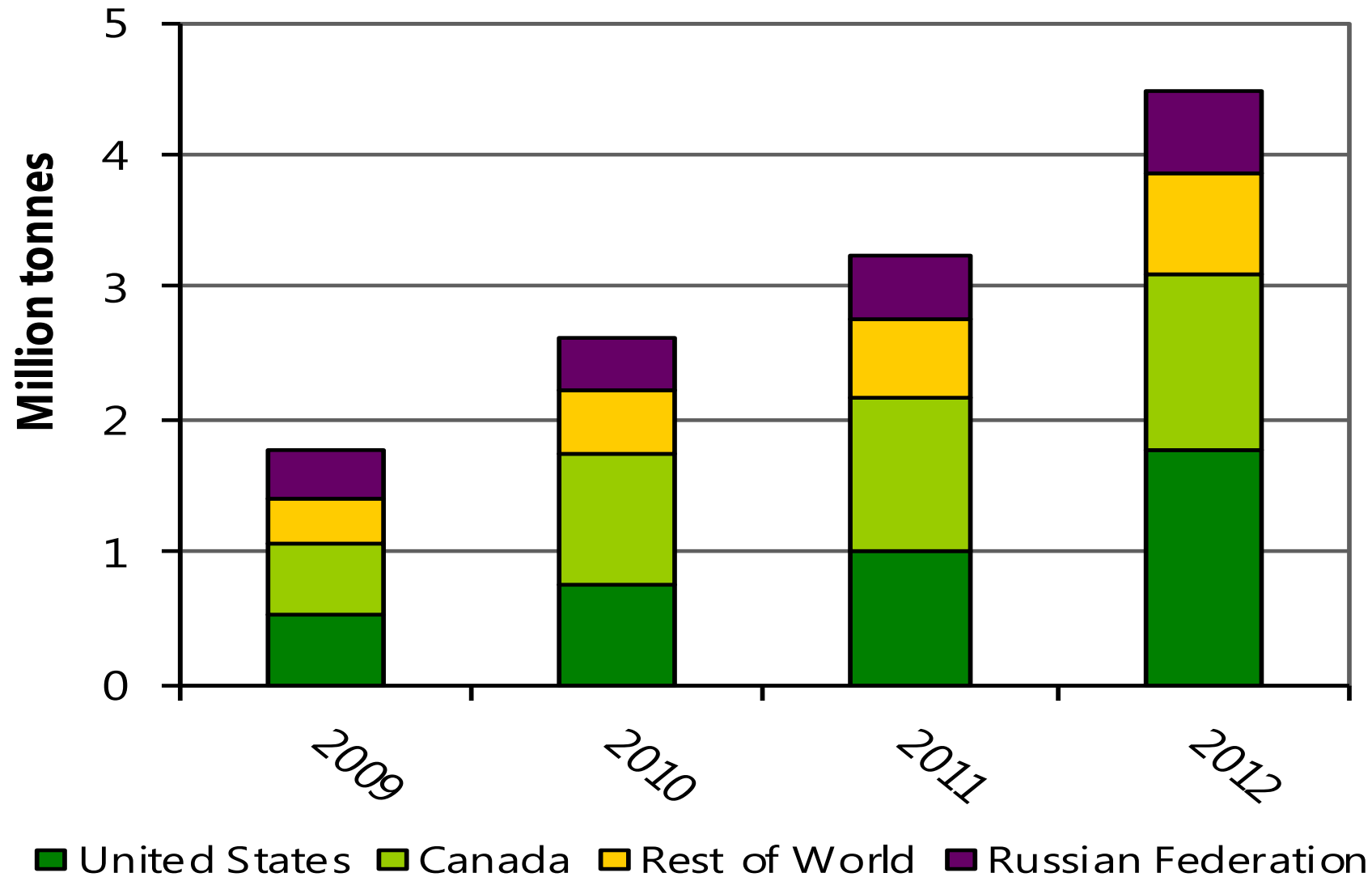
Биотопливо на основе обезвоженных осадков

- На ЦБК образуется большое количество отходов в виде осадков, шламов, избыточного ила и пр.,
- Разная природа и структура осадков требуют разного подхода к обработке и утилизации

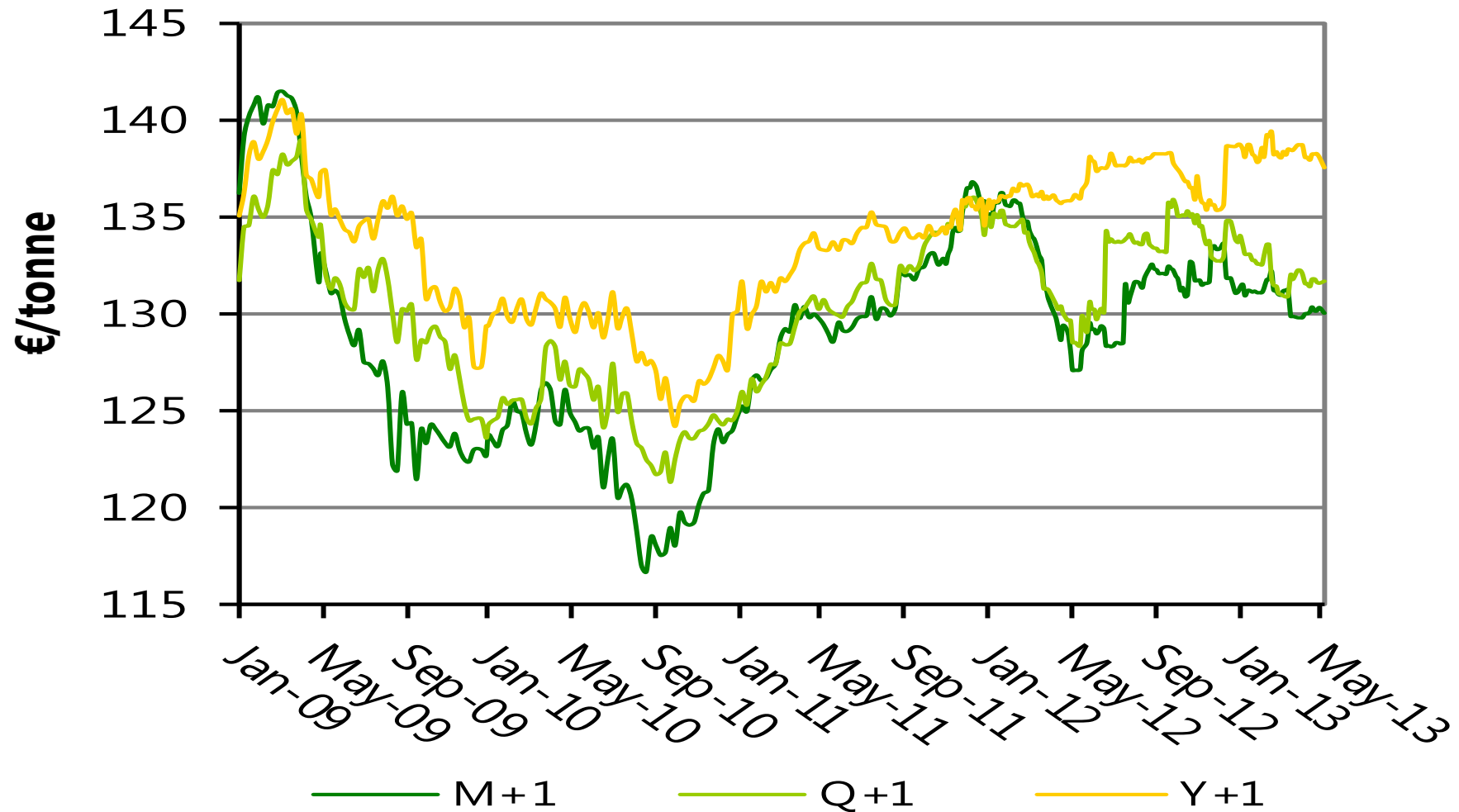
Обезвоживание осадков



Импорт пеллет в страны ЕС в 2009-2012 гг. (FPAMR 2013)

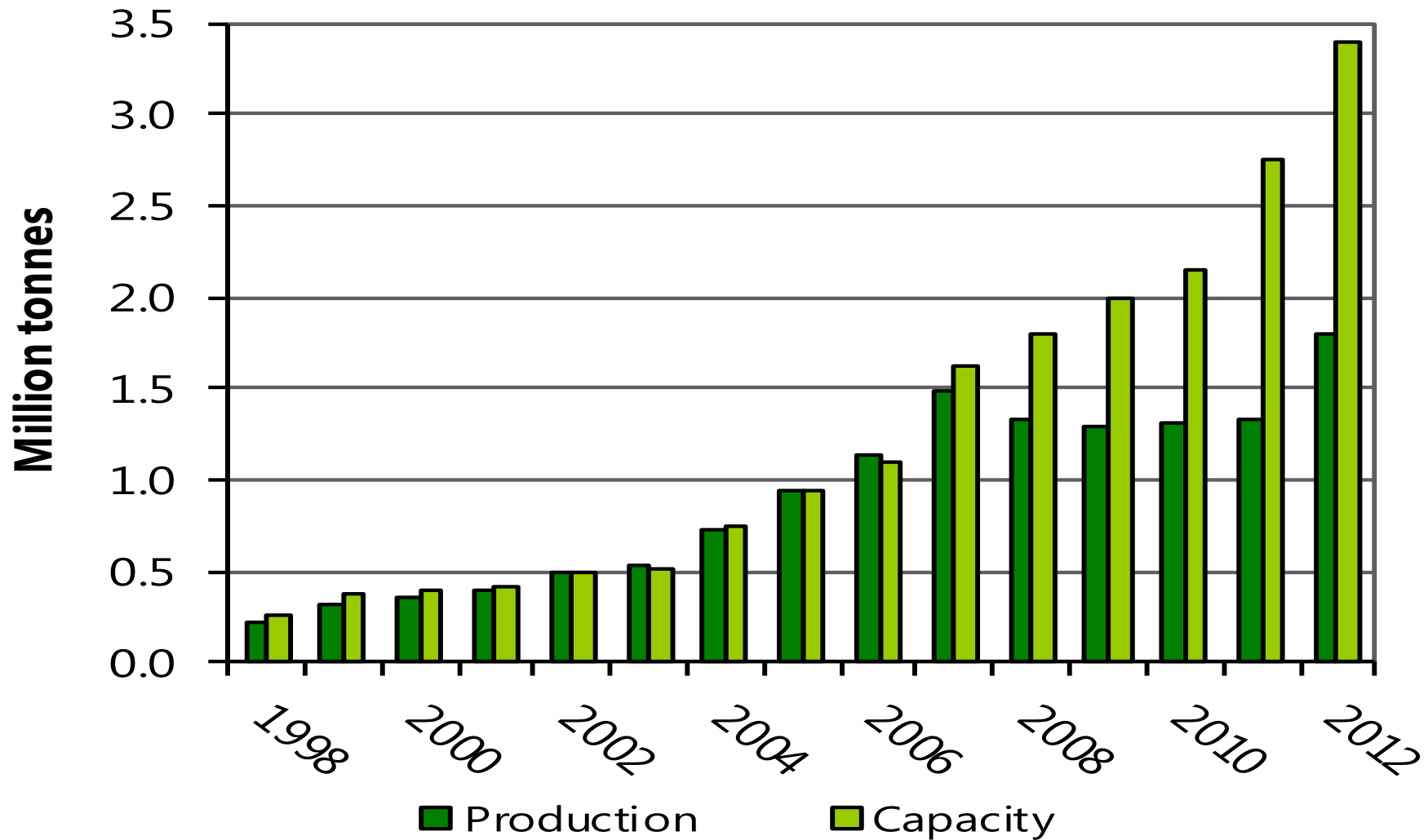


Изменение цен на промышленные пеллеты в 2009-2013 гг. (FPAMR 2013)

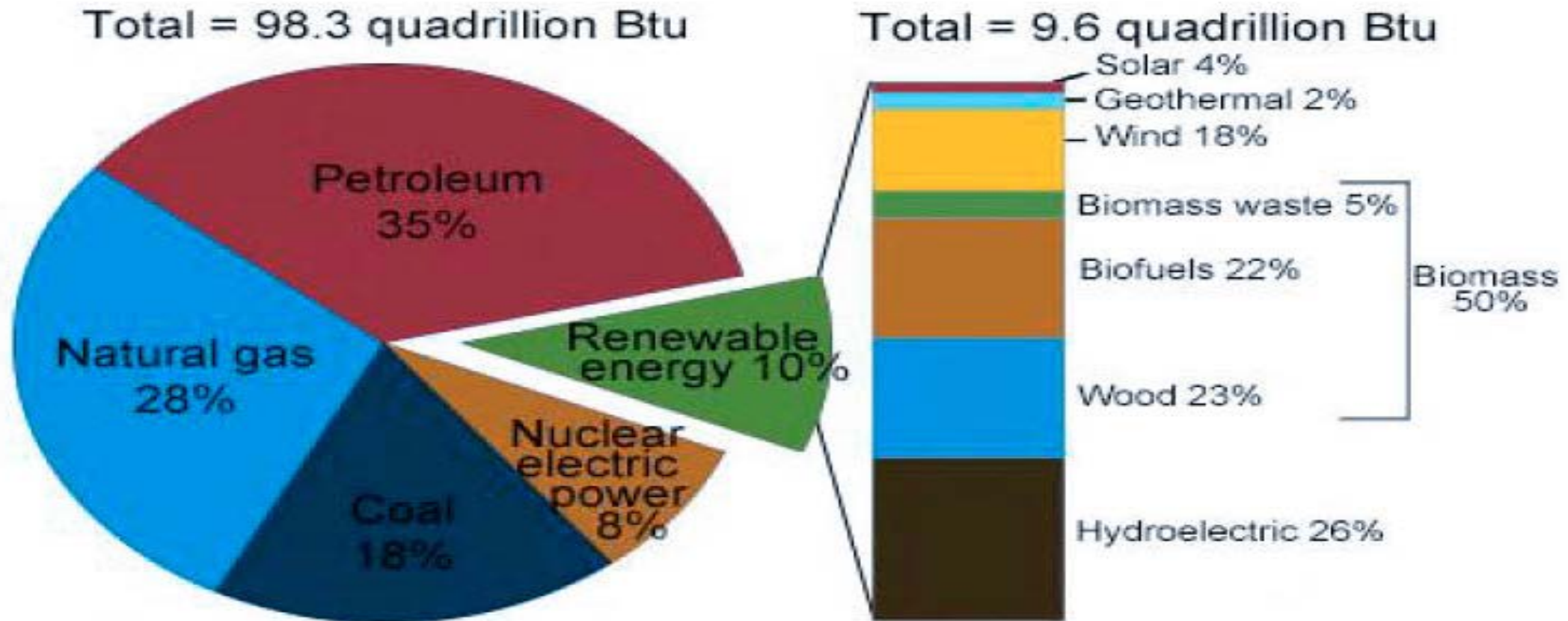


Производственные мощности и производство пеллет в Канаде (FPAMR 2013)

Wood |
1998-2



U.S. energy consumption by energy source, 2014

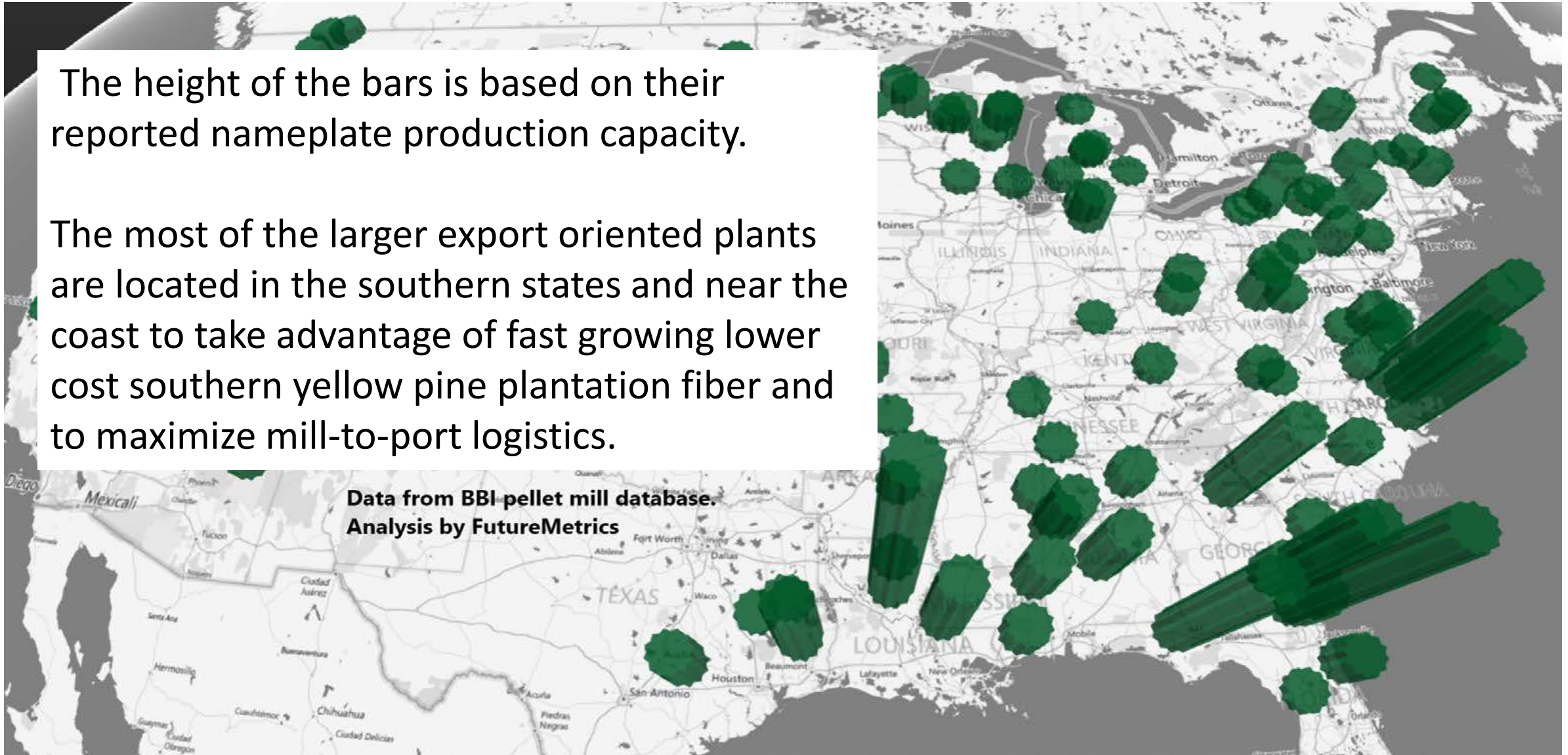


Note: Sum of components may not equal 100% as a result of independent rounding.

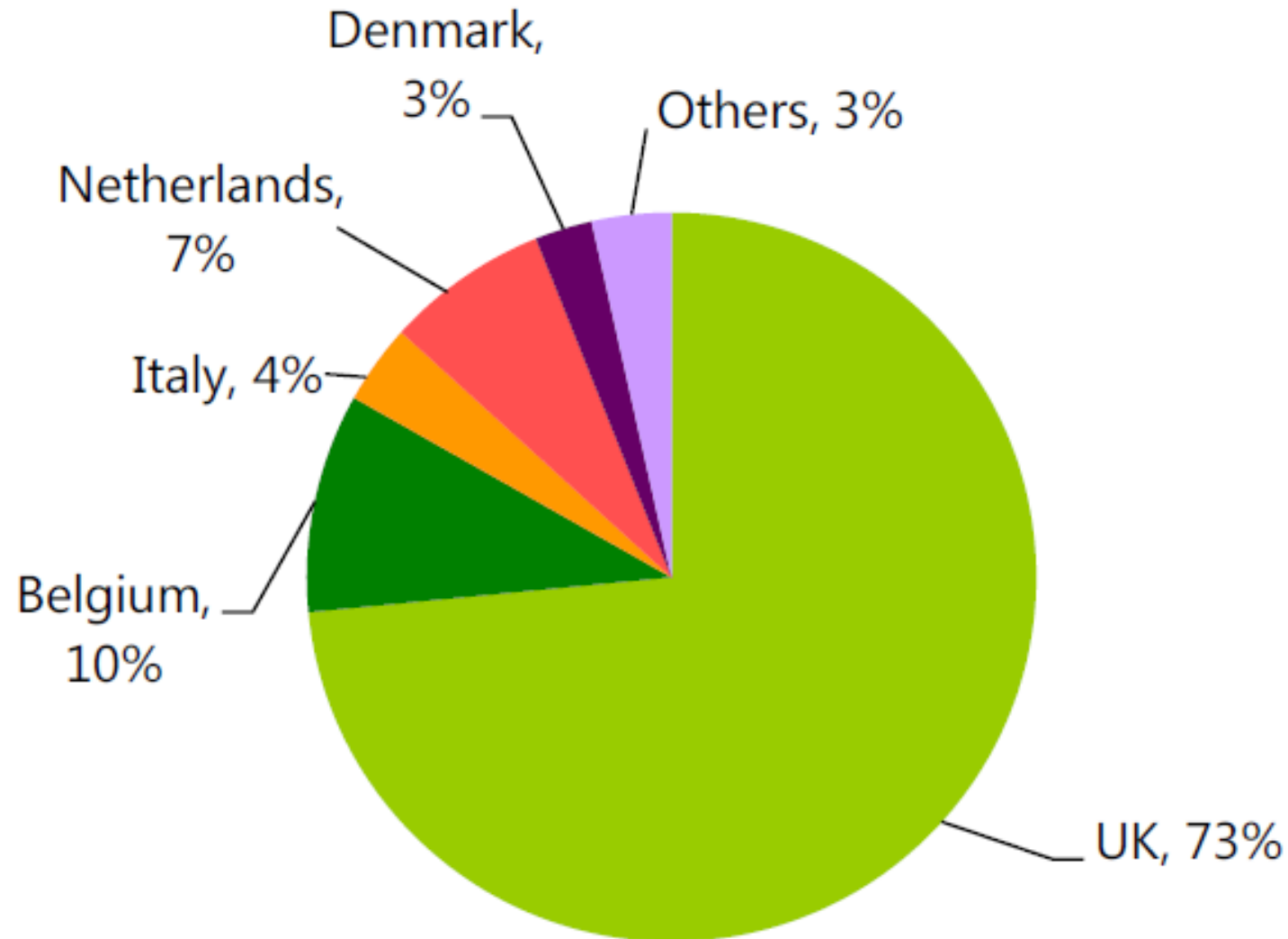
U.S. Pellet Mills

The height of the bars is based on their reported nameplate production capacity.

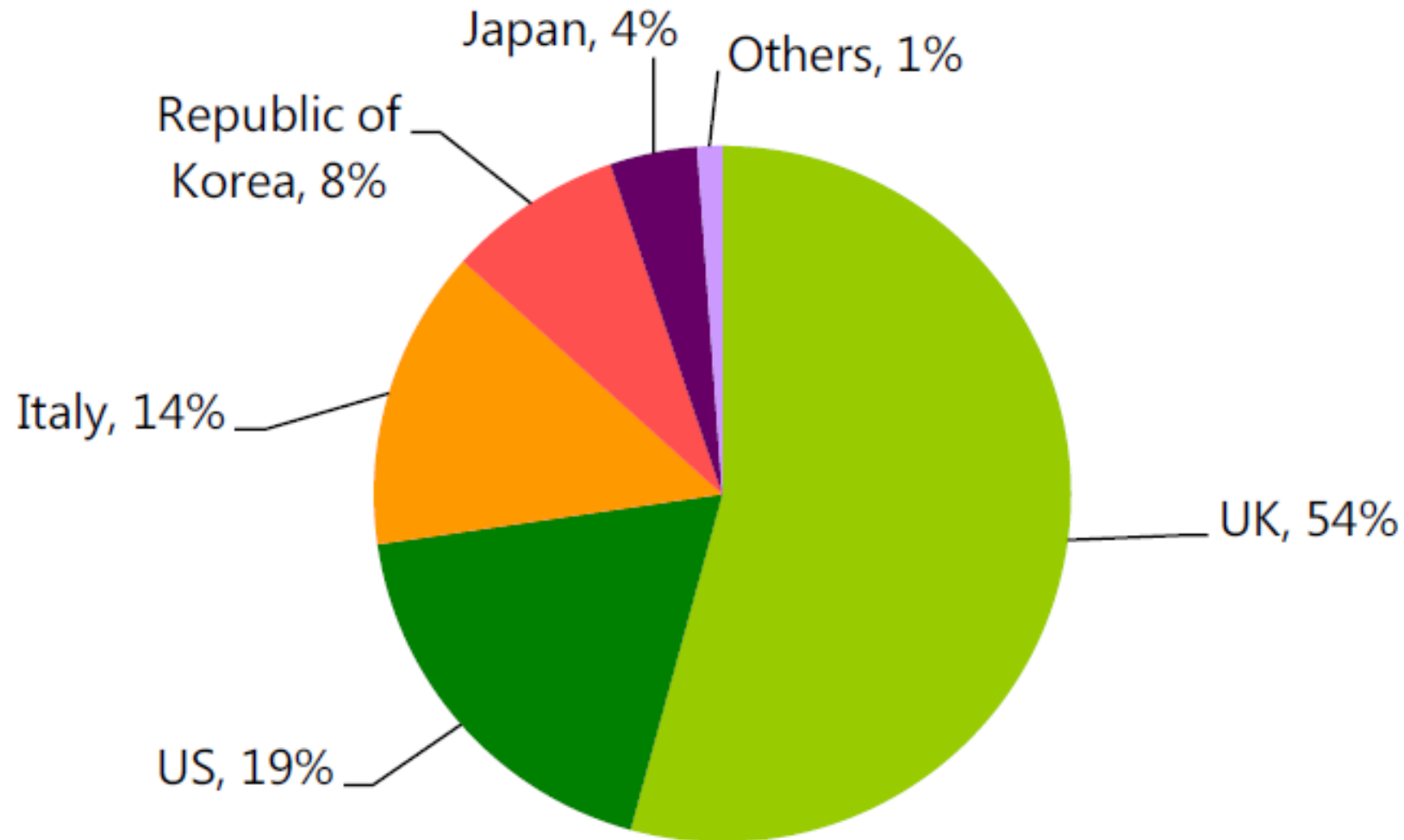
The most of the larger export oriented plants are located in the southern states and near the coast to take advantage of fast growing lower cost southern yellow pine plantation fiber and to maximize mill-to-port logistics.



Top five export partners with the US (by percentage of trade value) for wood pellets, 2014, as reported by the US



Top five export partners with Canada (by percentage of trade value) for wood pellets, 2014, as reported by Canada



Pellets and Louisiana



The U.S. South-Where the Action Is

- Over 75 percent of U.S. wood pellet production capacity is located in the southeastern U.S.
- Georgia, Florida, Alabama and Virginia produce the vast majority of American pellets.
- Approximately 98 percent of wood pellet exports ship from southeastern U.S. ports.

Pellets-Louisiana

- ***Drax Biomass:* Two wood pellet plants in the South: one in Bastrop, Louisiana, and one in Gloster, Mississippi.**
- **Capacity for each mill ~450,000 tons/pellets/year**
- **Weyerhaeuser will deliver up to 770,000 tons annually of wood fiber to the two locations over a 10-year contract.**
- **Ships pellets from an export facility at the Port of Greater Baton Rouge.**
- **The combined investments in Louisiana are worth more than \$120 million officials.**
- **Operational in 2015.**

Drax Biomass – US footprint



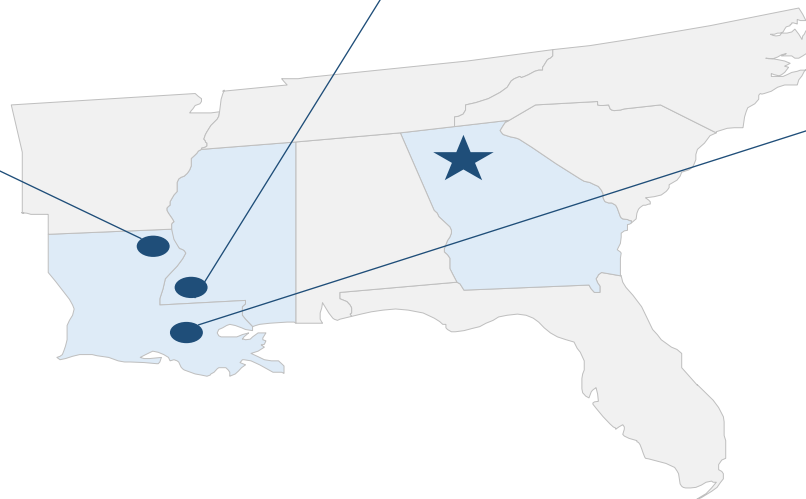
Morehouse BioEnergy
Bastrop, LA
450,000 MT/year



Amite BioEnergy
Gloster, MS
450,000 MT/year



Baton Rouge Transit
Port Allen, LA
2M MT/year



Торрефицированная древесина

Торрефицированная древесина (Биоуголь) -это термически модифицированная и спрессованная древесина или биомасса. Био-топливо, которым можно заменить до 50 % каменного угля, сжигаемого на электростанциях. Получается в процессе низкотемпературного пиролиза - термической модификации при температуре около 250° С. В результате древесина может измельчаться по хрупкому механизму, для последующего сжигания существующими pulverизаторами каменного угля, не требуя каких-либо изменений в оборудовании электростанции.

Равновесная влажность древесины снижается до 2-5 %, делая продукт гидрофобным. Это позволяет складировать его на открытых складах. Теплотворная способность и энергетическая ценность приближается к показателям обычного каменного угля.

Новое- это хорошо забытое старое

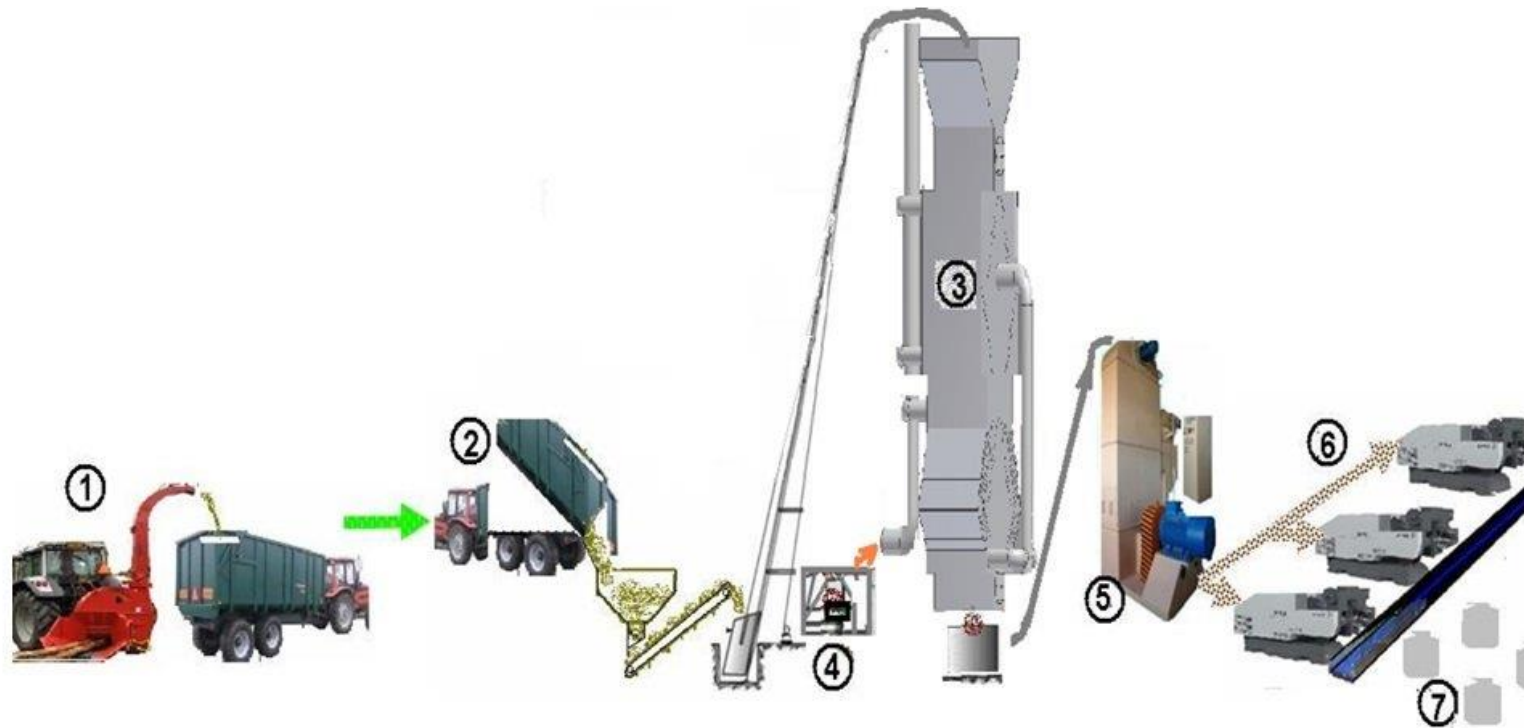
Процесс «торрефикации» известен с середины XIX века, описан в «Большой Энциклопедии»,

изд. Просвещения, 1907 г, как «красный уголь»

«Выход угля там меньше, чем выше температура при обжигании, и в то же время уголь получается более богатый углеродом....»

Температура °C	Весь остаток	Состав остатка в 100 частях			
		Углерод	Водород	Кислород и азот	Зола
150	100,00	47,51	6,12	46,29	0,08
200	77,10	51,82	4,99	43,98	0,23
250	49,57	65,59	4,81	28,9	0,63
300	33,61	73,24	4,25	21,96	0,57
350	29,66	76,64	4,14	18,44	0,61
432	18,87	81,64	1,96	15,21	1,16
1020	18,75	81,97	2,30	14,15	1,60
1500	17,31	94,57	0,74	3,84	1,66
выше 1500	15,00	96,52	0,62	0,94	1,94

Схема установки для торрефикации (Финляндия)



1. Заготовка щепы в зоне рубки;
2. Загрузка в бункер установки;
3. Сушилка и торрефикатор;
4. Теплогенератор;
5. Мельница;
6. Установка пеллетирования;
7. Склад готовой продукции



Источники получения сырья для производства биотоплива, в год		
Отходы лесозаготовок	До 20%	> 40 млн. куб. м
Отходы переработки	До 30%	> 50 млн. куб. м
Древесина от рубок ухода	30 – 60 куб. м/га	18 – 36 млн. куб. м.
Древесина от санитарных рубок		>80 млн. куб. м
Низкокачественные насаждения		➢100 млн. куб.
		ИТОГО до 300 млн.куб.м

Вследствие низкой интенсивности лесопользования и нерациональной переработки ежегодно не используется до 60% древесины

Доля производства электроэнергии из биомассы в мире составляет 2,4 %, темп роста составляет 5,7% в год

Энергетический потенциал всей растительности планеты составляет около 70 млрд. тонн нефтяного эквивалента, что в 10 раз превышает использование ископаемого топлива

На территории России ежегодно производится количество растительной биомассы эквивалентное 8,2 млрд. тонн условного топлива

Может покрыть годовое потребление энергии во всем мире

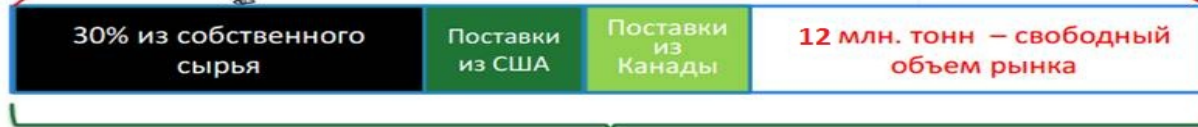
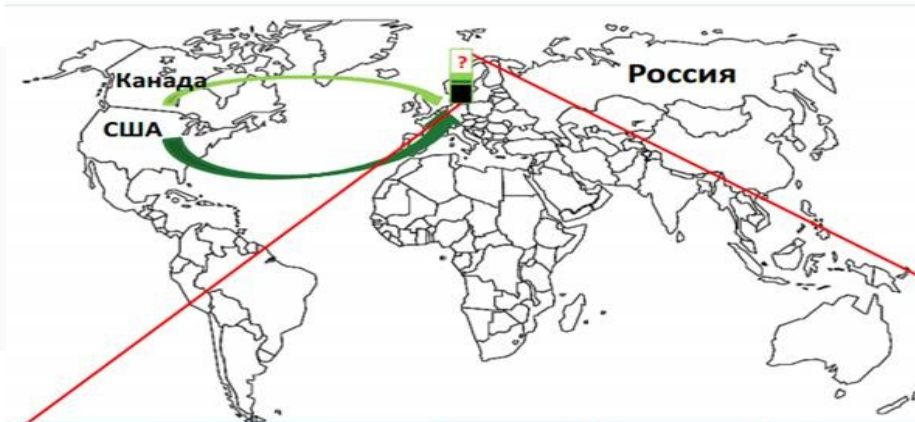


Сравнительные характеристики различных видов топлива

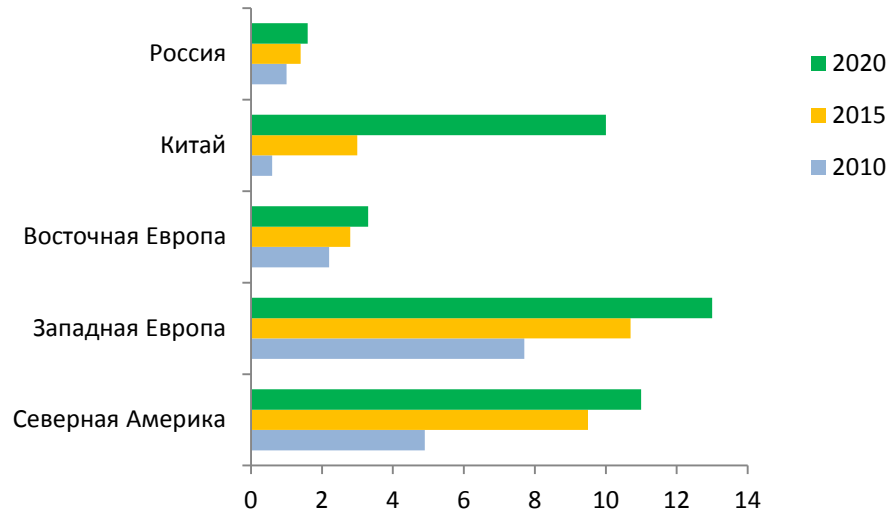
Вид топлива	Теплотворность кВт/кг (кВт/м3)	КПД %	Средняя стоимость руб./т (руб./тыс.м3)	Стоимость тепла	
				руб./кВт	руб./Гкал
Дизельное топливо	11,63	80	22 000	2,36	2 741,50
Уголь	4,65	45	4 000	1,90	2 209,82
Мазут	10,81	65	11 000	1,57	1 823,10
Пеллеты	5	93	4 200	0,72	832,82
Топливная щепа	4,3	80,5	3600	0,61	705,59
Природный газ	9,36	90	2 700	0,32	372,91

- Древесная пеллета и щепа конкурируют в себестоимости расходов на производство тепловой энергии с традиционными (ископаемыми) видами топлива
- Производство 180-200 тыс.тонн биотоплива позволит создать ежегодный спрос на неиспользуемые лесные ресурсы в объеме более 700 тыс. куб.м

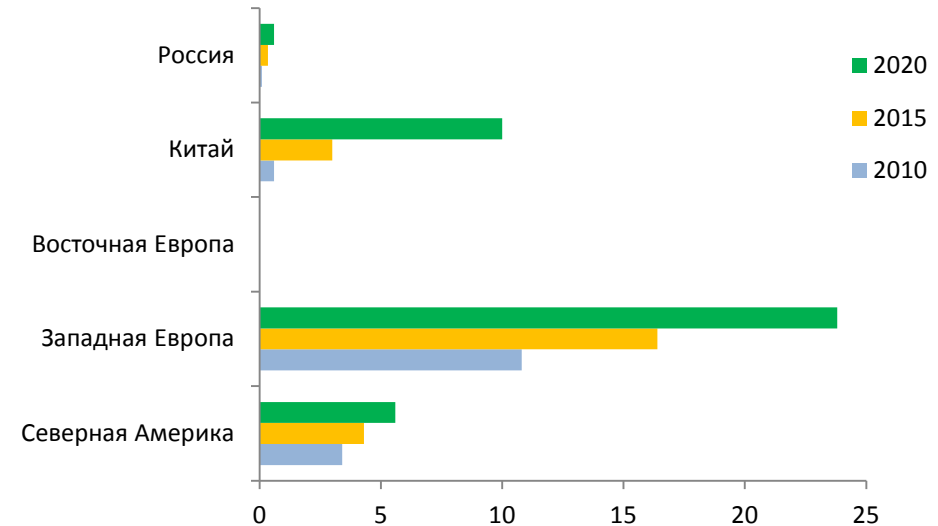
Мировые рынки потребления пеллет



Объем производства (прогноз), млн куб.м.



Объем потребления (прогноз), млн. куб.м.



Опыт применения лесных ресурсов в теплоэнергетике (Нижегородская область)

5

Участие администрации субъекта

Наименование	Кол-во котелен	Мощность, МВт	Нагрузка, МВт	Всего тонн у.т.	Необходимый объем пеллет при переводе
Шахунский район	4	46	42	17 400	30 500
- п.Сява	1	12	10	4 143	7 262
- г.Шахунья	1	24	24	9 943	17 429
- г.Шахунья	1	8	8	3 314	5 810
- г.Шахунья	1	2	2	829	1 452
Семеновский район	1	2,7	1,8	800	1 400
- п.Беласовка	1	2,7	1,8	800	1 400
Ветлужский район	1	10		4 000	7 000
- г.Ветлуга	1	10		4 000	7 000
Воротынский район					
- п.Кузьмьяр	1				

Администрация Нижегородской области в 2011-2012 г. уже модернизировала и построила ряд тепловых котельных работающих на местных, возобновляемых, экологически чистых энергоресурсах. В Шахунском, Семеновском, Ветлужском, Воротынском районах Нижегородской области уже есть работающие на экологически чистых энергоресурсах котельные.

Перспектива потребления

Наименование	Ед.изм.	Всего
Существующие уже реконструированные котельные	тонн	38 900
Программа модернизации и реконструкции котельных расположенных на севере Нижегородской области	тонн	118 800
Перевод малых котельных мощностью до 500 кВт	тонн	28 000
Создание новых потребителей за счет программы расселения ветхого фонда, поддержки молодых специалистов и др.	тонн	4 000
Итого	тонн	189 700

В случае привлечения инвестиций программа модернизации муниципальных котельных в Нижегородской области обеспечит потребность в пеллетах в объеме 189 700 тонн ежегодно.

Опыт применения лесных ресурсов в теплоэнергетике (Нижегородская область)

6

- Леса занимают более половины территории области. Ежегодный прирост древесины составляет 9,6 млн. куб.м. Объем расчетной лесосеки 6,3 млн.куб.м, использование расчетной лесосеки – 51%.
- В 2008 году Правительством Нижегородской области была поставлена задача до 2015 года модернизировать объекты тепловой энергетики под возможность использования в энергетическом балансе возобновляемых (древесных) источников энергии.



Котельная № 7 г. Шахунья. Начало работы январь 2012г. Мощность 8 МВт обеспечивает 2000 жителей



Поселок Сява насчитывает 4000 жителей и более 20 объектов бюджетных учреждений



Город Шахунья, котельная мощностью 24 МВт обслуживает микрорайон с количеством проживающих 5600 человек



Производство биотоплива – путь интенсификации лесопользования



Развитие спроса на древесное биотопливо в объеме 80 млн. тонн создаст рынок сбыта для 200 млн. куб. м древесины малоценных пород и отходов лесопереработки.

Вовлечение 50 млн. куб. м древесины, оставляемой на лесосеках и нижних складах позволит внедрить интенсивную модель лесопользования и повысить рентабельность лесозаготовок на 25-30%.

Спасибо за внимание.

Вопросы ???

Аким Эдуард Львович

Д.т.н., профессор, зав.кафедрой ТЦКМ СПб ГТУ РП

Моб. тел. +7(812)9057189

Тел./Факс:+7(812) 786-53-23; 786-52-66

e-mail: akim-ed@mail.ru;