САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

Био-рефайнинг древесины и проблемы развития био-энергетики

Профессор Э. Л. Аким,
Почетный Член Консультативного Комитета ФАО ООН по устойчивости Лесного сектора,
Директор института био-рефайнинга древесины,
Заведующий кафедрой СПб ГТУ РП

«REENFOR-2013»
22-23 октября 2013, Москва

Био-энергетика – проблемы развития

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

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО СЕКТОРА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ДО 2030 ГОДА

Прорывные технологии и инновации в Лесном секторе

Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года, ФАО 2012

Для лесного сектора России прорывные технологии являются единственным путем выхода на инновационный путь развития. Двадцатилетняя задержка в развитии лесного комплекса Российской Федерации открывает уникальную возможность реализации инновационного сценария за счет комплексной реконструкции существующих предприятий на базе научных достижений предшествующих двух десятилетий, новейших поколений техники и технологии. **Наиболее целесообразный путь реконструкции существующих предприятий - био-рефайнинг - переход на производство наукоемкой продукции.** Предприятия лесного сектора, которые были спроектированы и построены в середине прошлого века, ныне подлежат полной реконструкции. Реконструкция позволит создать принципиально новые предприятия XXI века, минуя те стадии, которые проходили лидеры мирового лесного комплекса за последние десятилетия. Реализация такой модели технологического и интеллектуального прорыва требует очень серьезного научного и кадрового обеспечения, предвидения рынков и тенденций развития на несколько десятилетий вперед.

Стратегические программы в мировом лесном секторе

Разработка и реализация в Северной Америке «Agenda 2020».

Разработка «Стратегической Технологической Платформы развития Лесного комплекса ЕС до 2030 года», с расширением исследований в области био-рефайнинга.

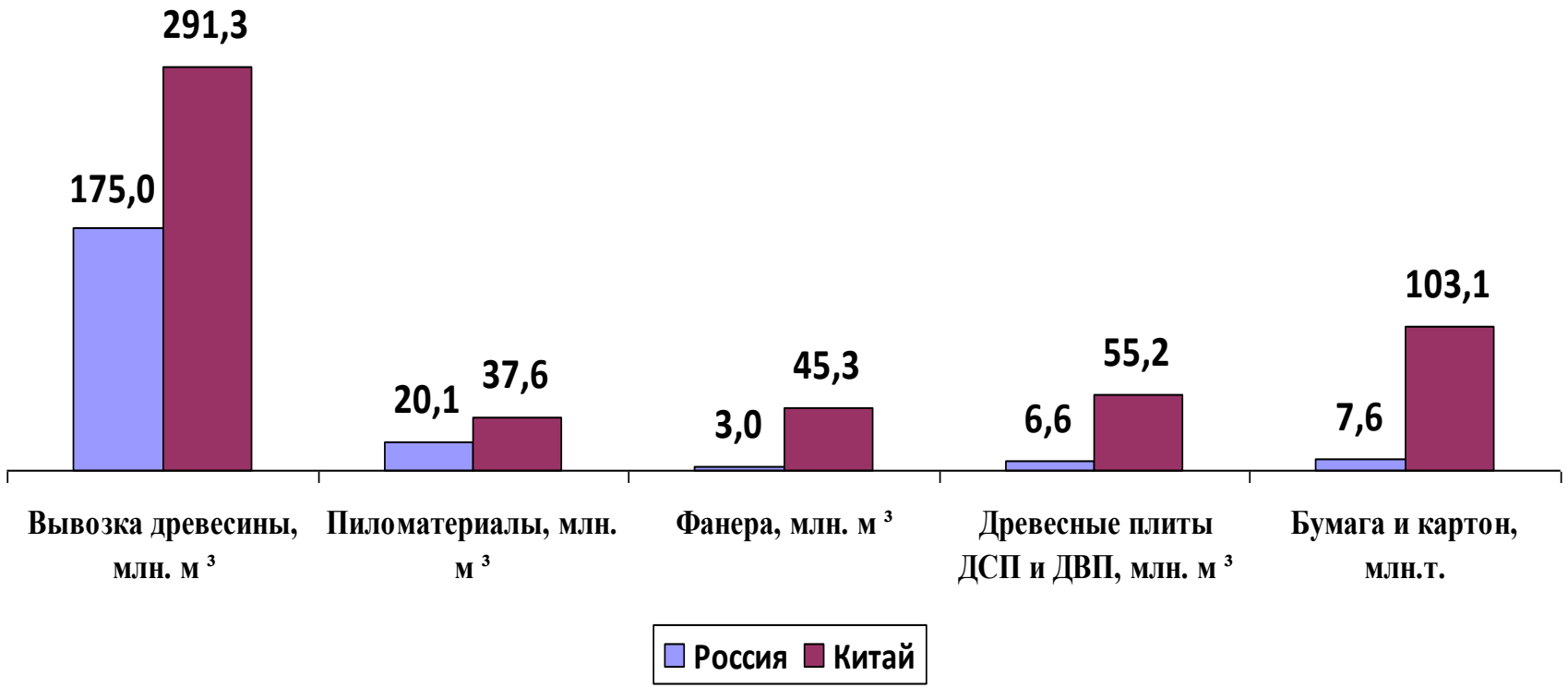
Разработка Российской Лесной Технологической Платформы (развития Лесного комплекса до 2030 года) и ее включение в Платформу «БиоТех2030».

Причины разработки Европейской Лесной технологической платформы

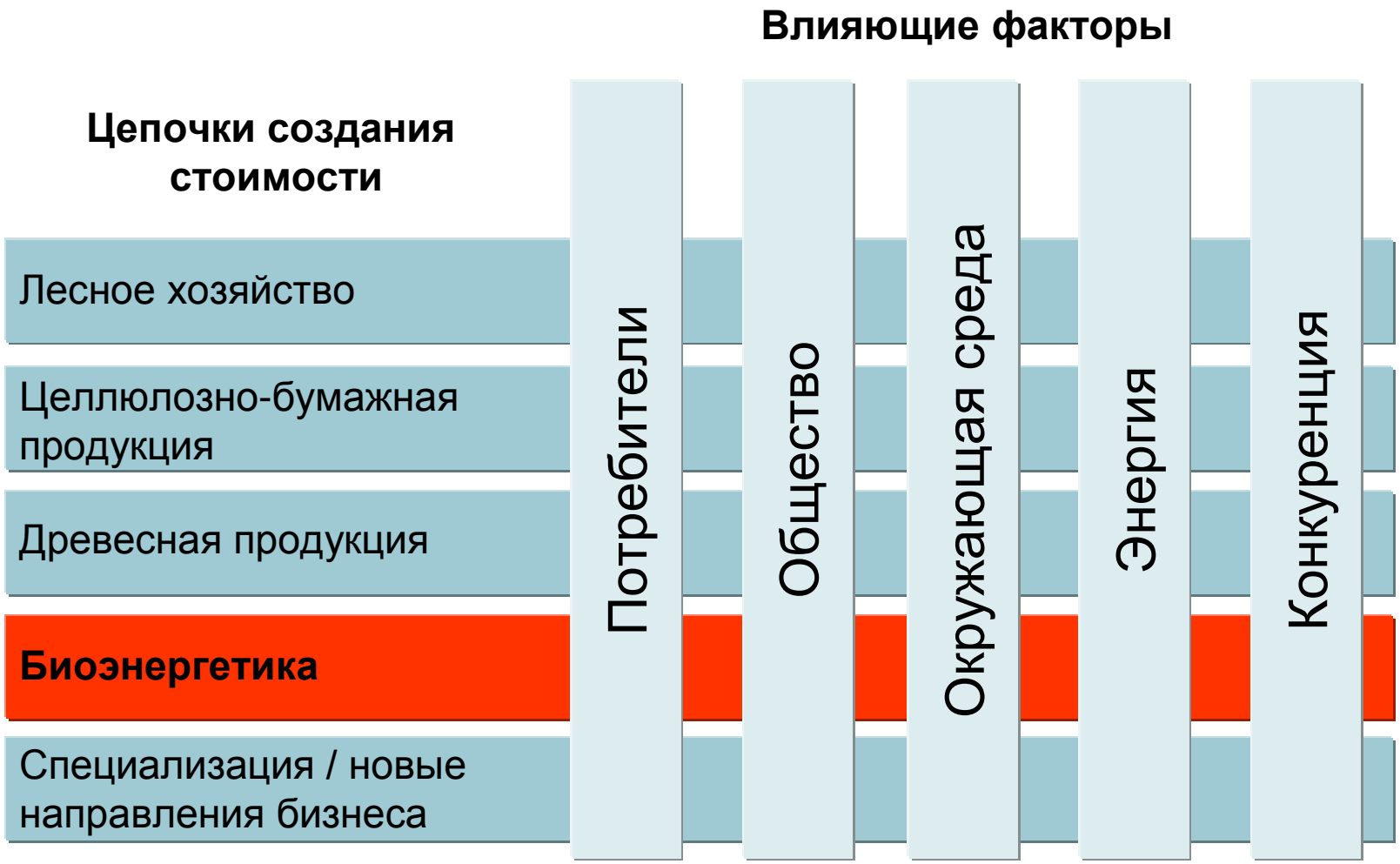
Только на базе научных исследований можно сохранить конкурентоспособность Европейского лесного комплекса по сравнению с Латинской Америкой (плантации ускоренного роста) и с Китайским лесным комплексом.

Производство основных видов лесоматериалов в 2011г. в Российской Федерации и Китае

(по данным НИПИЭИлеспром) .



Лесная технологическая платформа



Технологическая Платформа «БиоТех2030»

Задачей Российской «Лесной технологической платформы» как части Платформы «БиоТех2030» является создание и реализация инновационной модели развития лесного комплекса России, ее научное и кадровое обеспечение.

Один из ее приоритетов - био-рефайнинг древесины - производство наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью *на базе комплексной глубокой переработки лесных ресурсов непосредственно в регионе произрастания.*

Био-рефайнинг – новый виток спирали

Био-рефайнинг – это комплексная глубокая химическая переработка древесины с превращением ее основных компонентов в товарные продукты с высокой добавленной стоимостью (как многотоннажные, так и малотоннажные).

По аналогии с «нефтехимическим синтезом» можно говорить о «лесохимическом синтезе», с использованием всех достижений нефтехимии и лесохимии.

Крупнейшие целлюлозно-бумажные, химические и нефтеперерабатывающие компании мира рассматривают био-рефайнинг как важнейшее направление своего развития.

В СПб ГТУ РП на базе многолетних фундаментальных и прикладных исследований создан Институт био-рефайнинга древесины, проводящий работы и в области всех видов биотоплива.

Основные направления био-рефайнинга

- конструкционные материалы на основе древесины;
- товарная целлюлоза, бумага, картон, целлюлозные композиты;
- волокна, пленки, пластмассы на основе химической переработки целлюлозы;
- пищевые волокна, микрокристаллическая целлюлоза;
- биотопливо – этанол и дизельное топливо (через синтез-газ), пеллеты, микроводоросли;
- мономеры и полимеры на основе продуктов переработки древесины;
- лекарственные препараты и БАД- ы на основе компонентов древесины;
- угольные волокна (из осажденного лигнина).

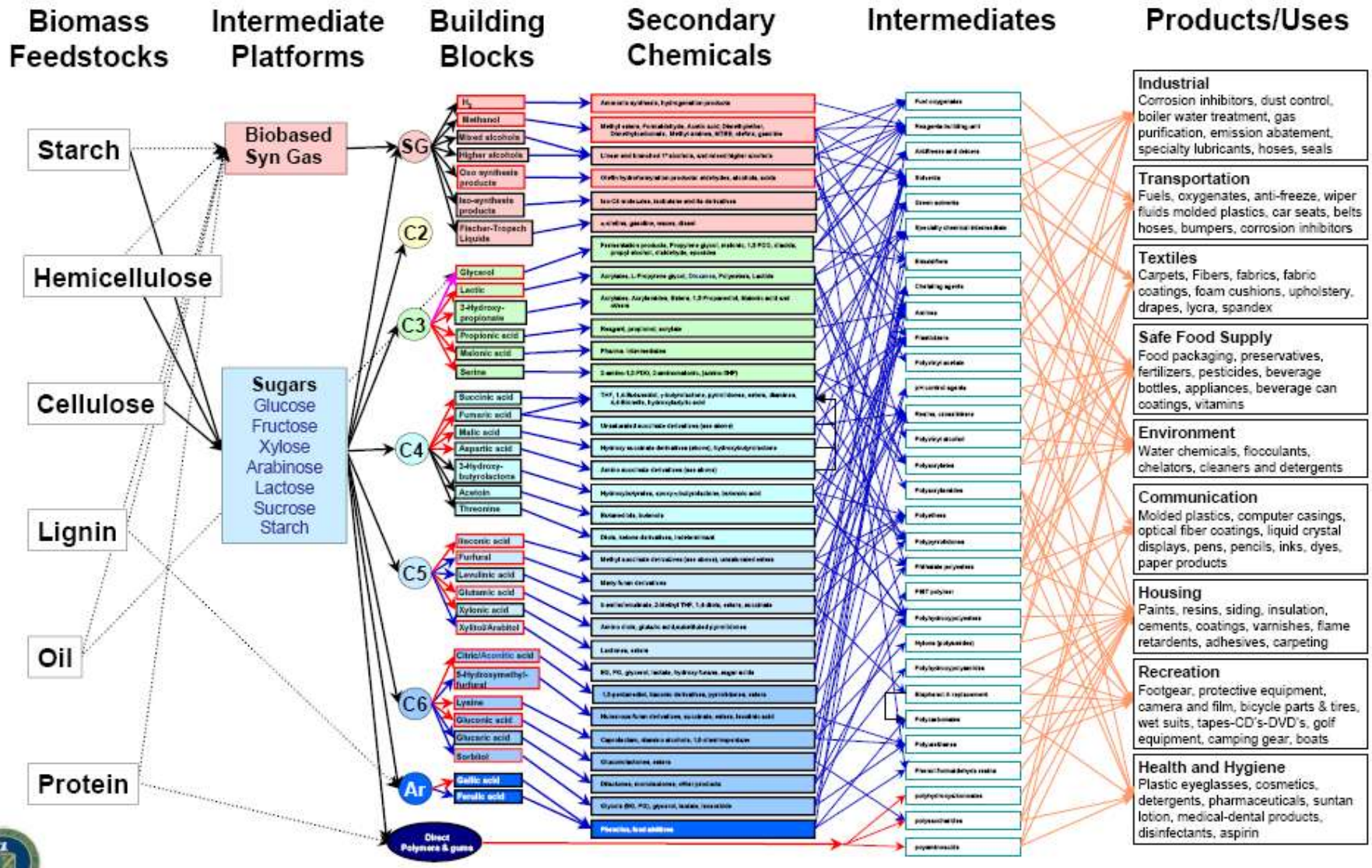


Figure 3 – Analogous Model of a Biobased Product Flow-chart for Biomass Feedstocks

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

В 2012 году мировое производство бумаги и картона составило около 400 млн. тонн

К 2020 году мировое производство древесных пеллет превысит 100 млн. тонн

В 2012 экспорт древесных пеллет из Северной Америки и России в страны ЕС достиг рекордных значений

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	Европейский (Российский ??)
Углубленная переработка на новые биоэнергетические продукты	Отходы деревопереработки	Торрефицированные продукты, жидкие и газообразные виды биотоплива	Европейский Российский

Место био-энергетики среди ВИЭ

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

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

В XXI веке интенсификация лесопользования и лесные плантации закладывают основу устойчивого развития лесного сектора

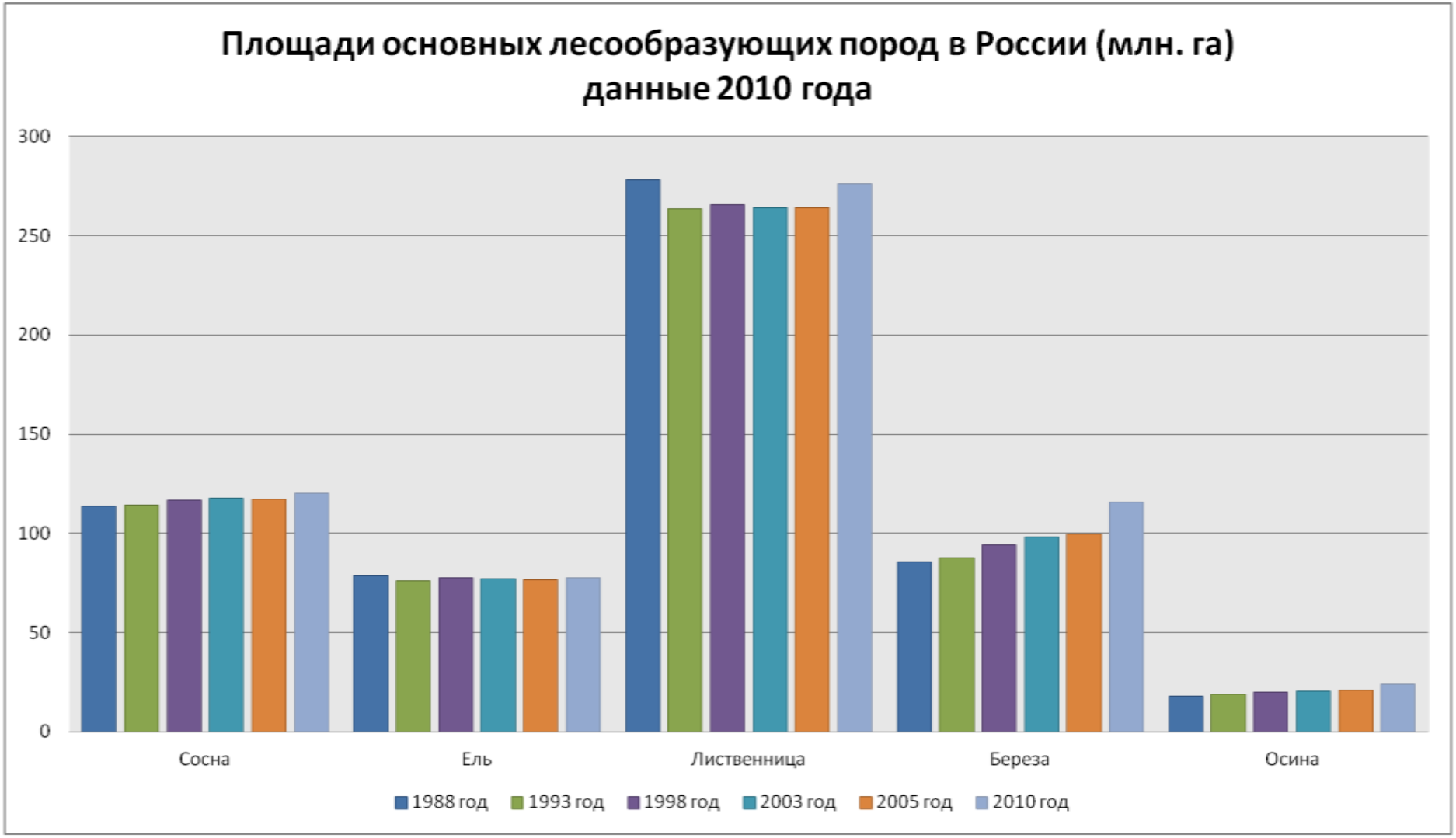
Лесной комплекс России должен «перешагнуть» через стадии, которые поэтапно проходил в последние десятилетия лесной комплекс передовых лесопромышленных стран.

К прорывным технологиям лесного сектора относятся информационные, нано- и биотехнологии. *Информационные* и компьютерные технологии используются при создании геоинформационных систем (ГИС). Эти системы необходимы для выявления и уточнения фактических запасов древесины и разработки оптимальной стратегии ее заготовки. Геоинформационные системы обеспечивают оперативный учет заготовки и транспортировки леса, противопожарный контроль, контроль цепочек поставок, контроль затопления водохранилищ при строительстве новых гидроэлектростанций.

Развитие компьютерных технологий в строительстве привело к появлению понятия «умный дом».

Совместное использование компьютерных технологий и биотоплива второго поколения (пеллет) в индивидуальных автоматизированных отопительных системах позволило перейти к «зеленому строительству» домов. Обогрев таких домов программируется по дням недели и времени суток и отличается высоким КПД сжигания древесины. Сочетание деревянного домостроения, компьютерных технологий и древесных пеллет обеспечит сверхаддитивный эффект, улучшит экологию и экономику лесного сектора.

Леса России


Площади основных лесообразующих пород в России (млн. га)
данные 2010 года
300
250
200
150
100
50
0
Сосна
Ель
Лиственница
Береза
Осина
1988 год
1993 год
1998 год
2003 год
2005 год
2010 год

Комплексный научно-технический проект
Группы «Илим» – СПб ГТУ РП, 2010-2013

Общая стоимость проекта 300 млн.рублей,
субсидия в размере 150 млн. рублей

Частно-государственное партнерство,
при финансовой поддержке Минобрнауки РФ

Разработка инновационной технологии комплексной переработки древесины лиственницы

The development of innovative technology for complex processing of larch wood

Запасы лиственницы в России

Возможный ежегодный объем заготовки в России древесины лиственницы (сибирской и даурской) может составить 105 млн.кубометров.

Более 97% лиственницы сосредоточено в Сибирском и Дальневосточном Федеральном округах.

Одним из эффективных направлений ее использования может быть комплексная переработка с организацией производства новых продуктов, востребованных на мировых и Российских рынках.

Цели проекта

Комплексный проект «Лиственница» направлен на разработку и промышленную реализацию инновационной технологии сульфатной варки древесины лиственницы и комплексной химической переработки ее не целлюлозных компонентов, прежде всего - арабиногалактана.

Отличительные особенности древесины лиственницы.

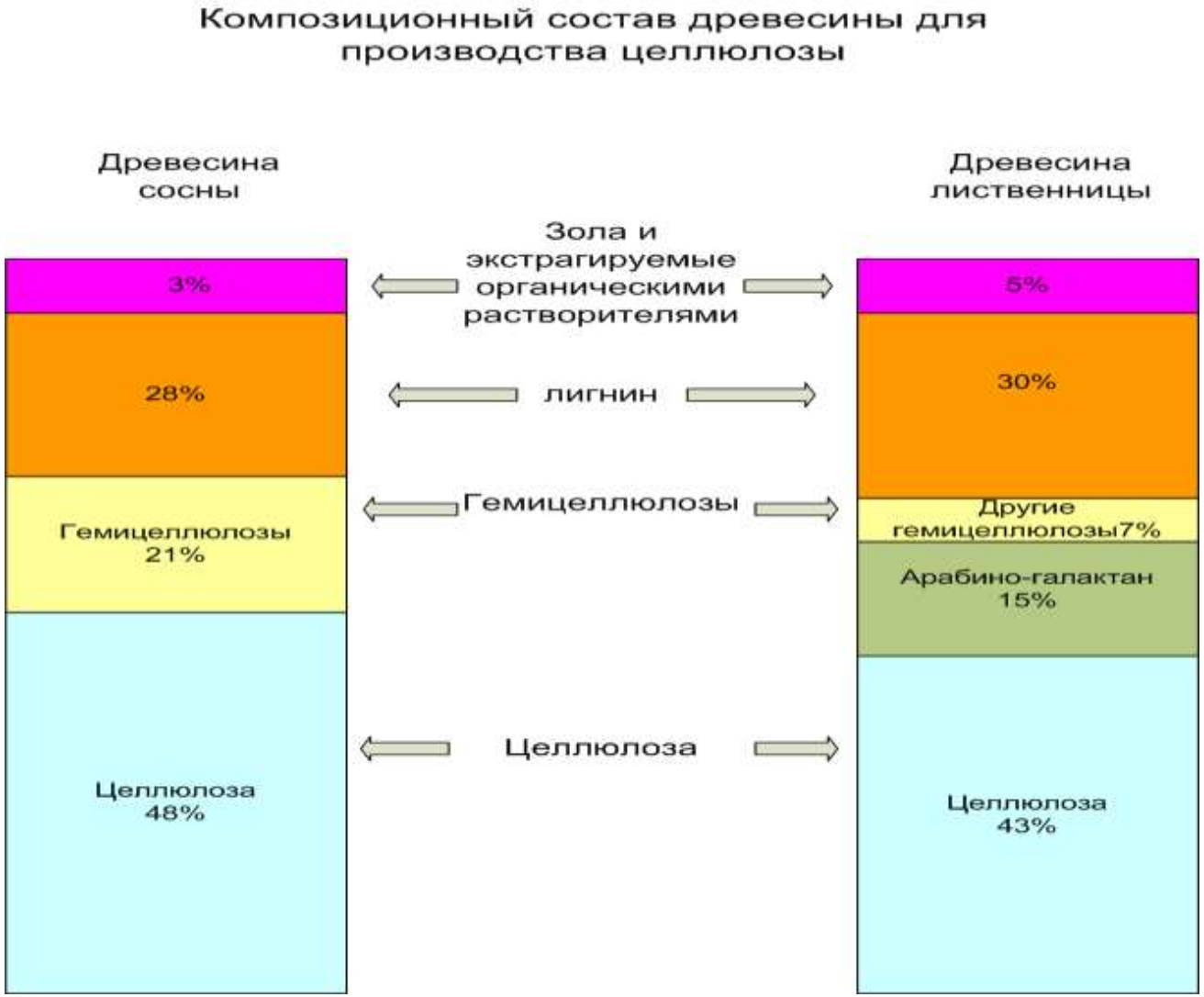
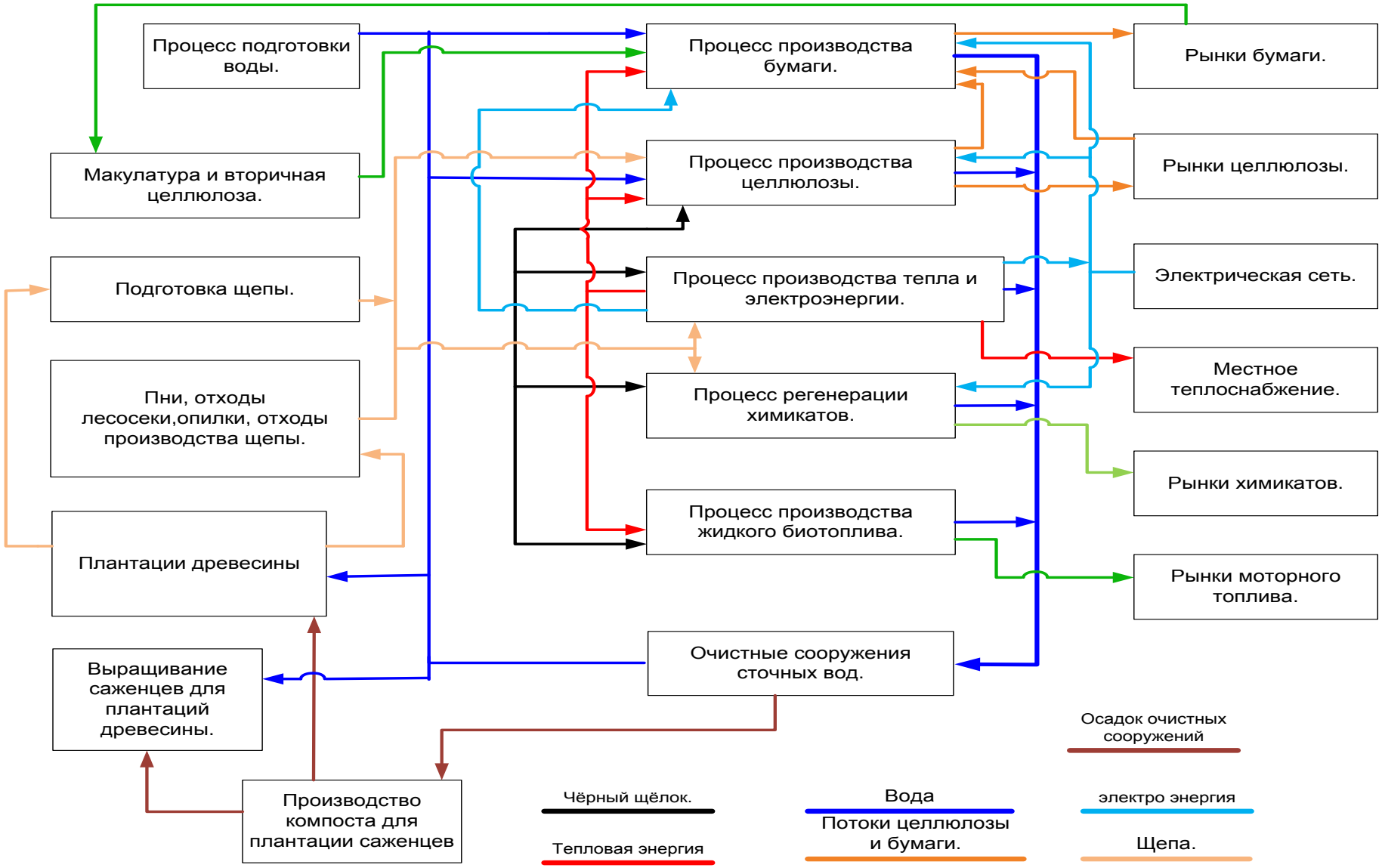
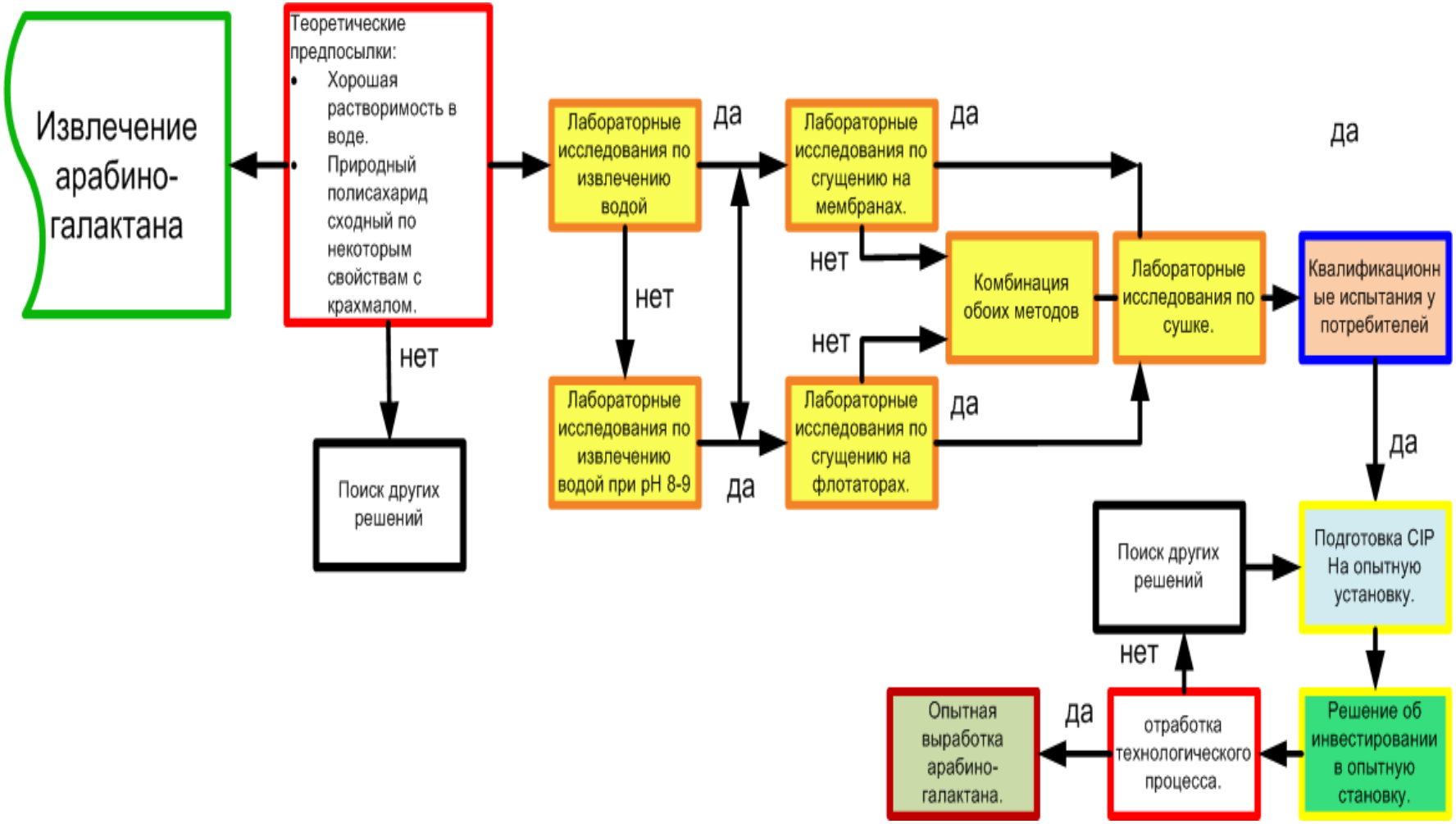


Схема потоков при био-рефайнинге



Последовательность развития направления « Арабино-галактан»



В результате проекта, в котором принимали участие четыре института РАН,:

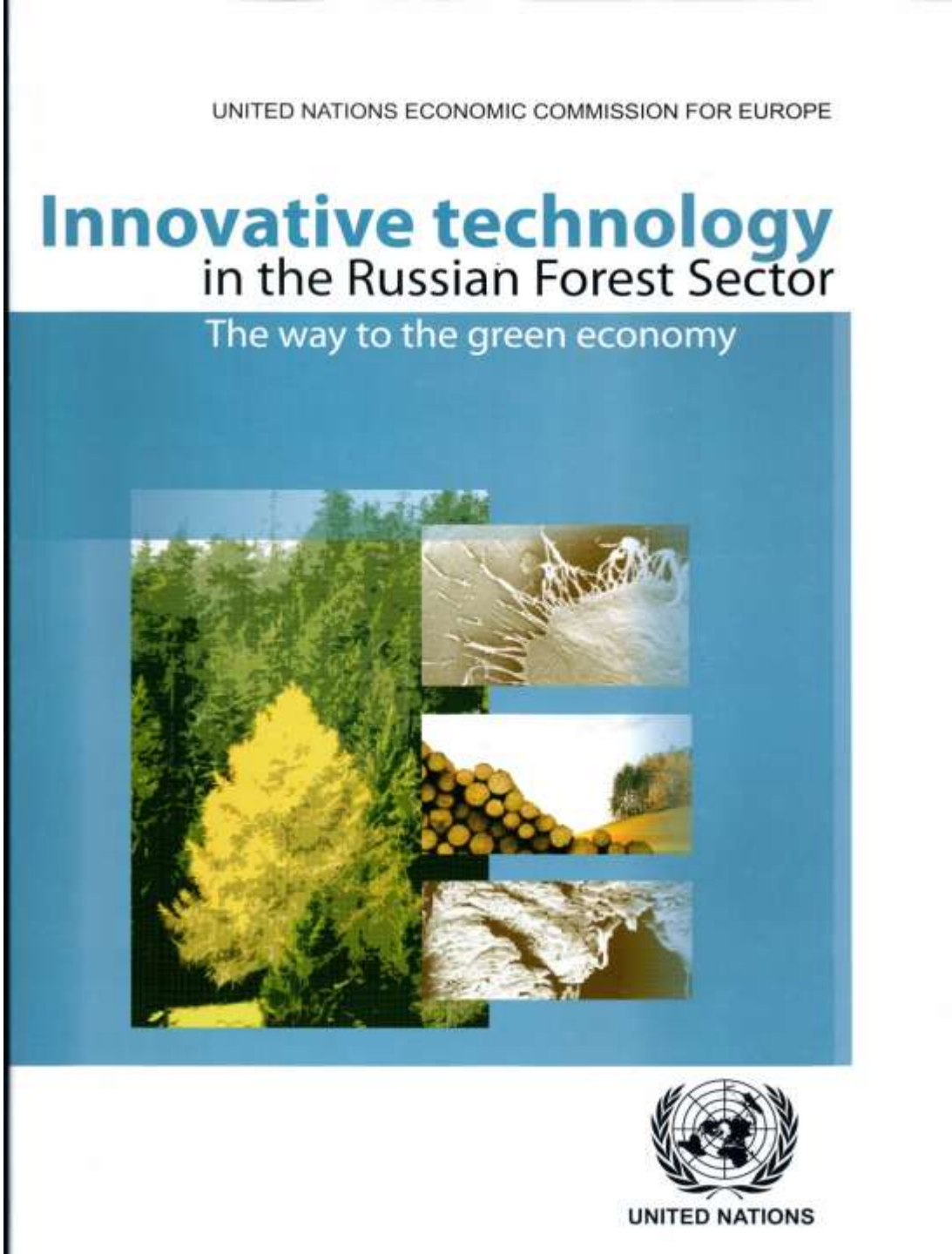
На основании фундаментальных исследований структуры древесины лиственницы впервые установлено, что в древесине лиственницы арабиногалактан (АГ) находится в виде аква-комплексов, находящихся в жидком состоянии. Это позволило предложить инновационные методы как получения волокнистых полуфабрикатов, так и извлечения из щепы арабиногалактана. Методы апробированы в лабораторных и в промышленных масштабах.

Предложены инновационные технологии получения волокнистых полуфабрикатов из древесины лиственницы и извлечения арабиногалактана. Инновационность разработанных технологий подтверждена 19 патентными заявками, по которым получено 13 патентов РФ и 4 положительных решения о выдаче патентов РФ.

Разработаны технологии переработки 100% лиственницы, а также ее смесей с другими видами древесного сырья как путем сульфатной варки, так и при получении полуфабрикатов высокого выхода.

Поддержка ЕЭК ООН

Результаты проекты в 2012 году опубликованы ЕЭК ООН и получили высокую оценку руководства Европейской экономической Комиссии ООН.



Вступительное слово

Значительная часть деятельности ЕЭК ООН направлена на улучшение конкурентоспособности национальных экономик государств-членов путем продвижения инновационных технологий.

Настоящая публикация, подготовленная в рамках проекта Европейской экономической комиссии ООН "Развитие устойчивой торговли биомассой и экспортные возможности в отдельных регионах Российской Федерации", рассматривает новый подход к комплексной переработке биомассы лиственницы в качестве примера инновационной разработки.

ЕЭК ООН выявляет и изучает лучшие практики внедрения новых технологий и инновационных решений. Однако коммерциализация инноваций — это зачастую долгий и сложный процесс. Целью настоящей публикации является изучение путей решения проблем, возникающих при реализации инновационных разработок, на примере проекта "Лиственница".

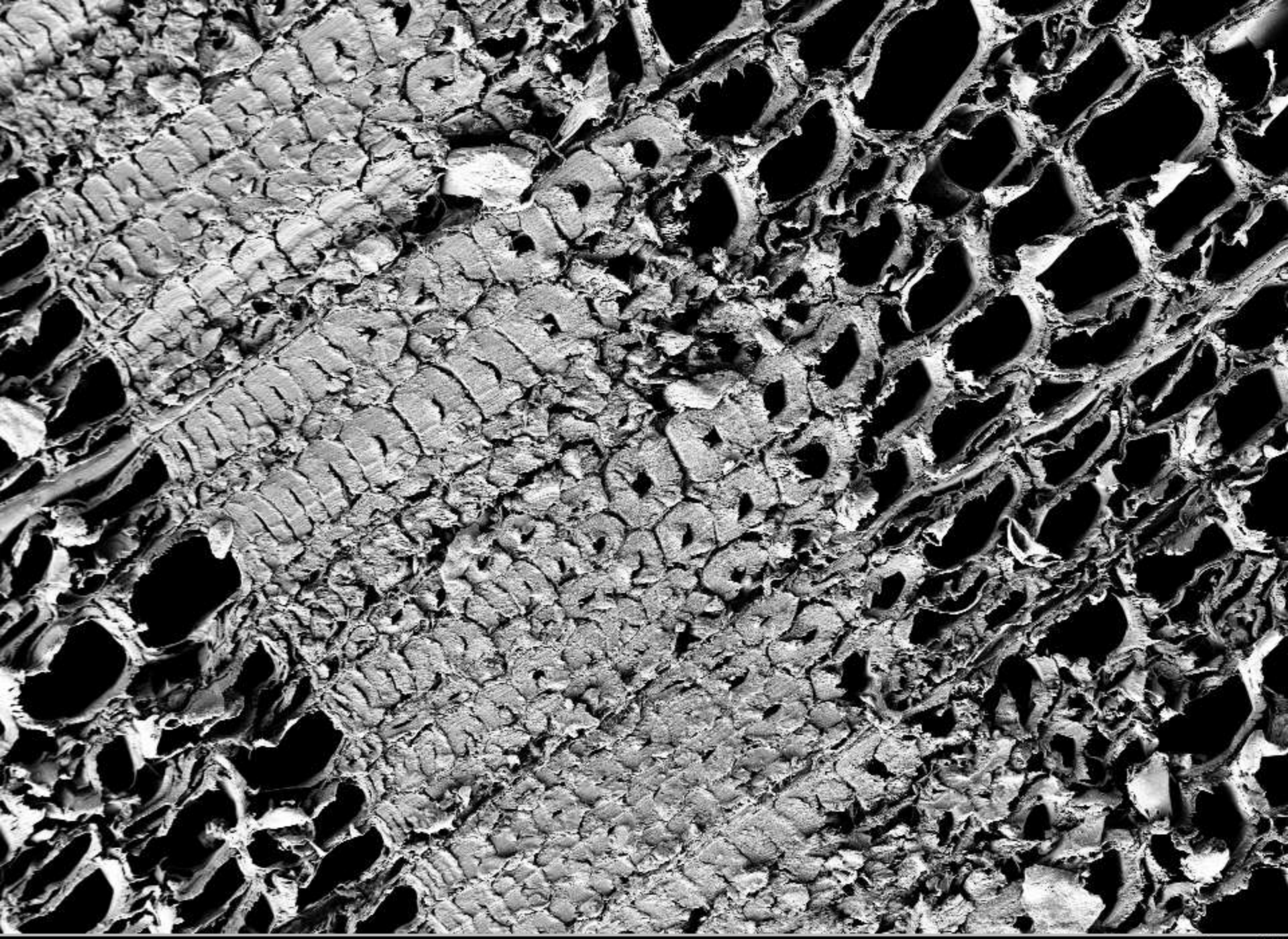
Проект ориентирован на переработку древесины лиственницы в целлюлозу, бумагу и химические продукты с помощью инновационных технологий. Его успешное воплощение в жизнь будет способствовать росту занятости и увеличению доходов в сибирских и дальневосточных регионах Российской Федерации.

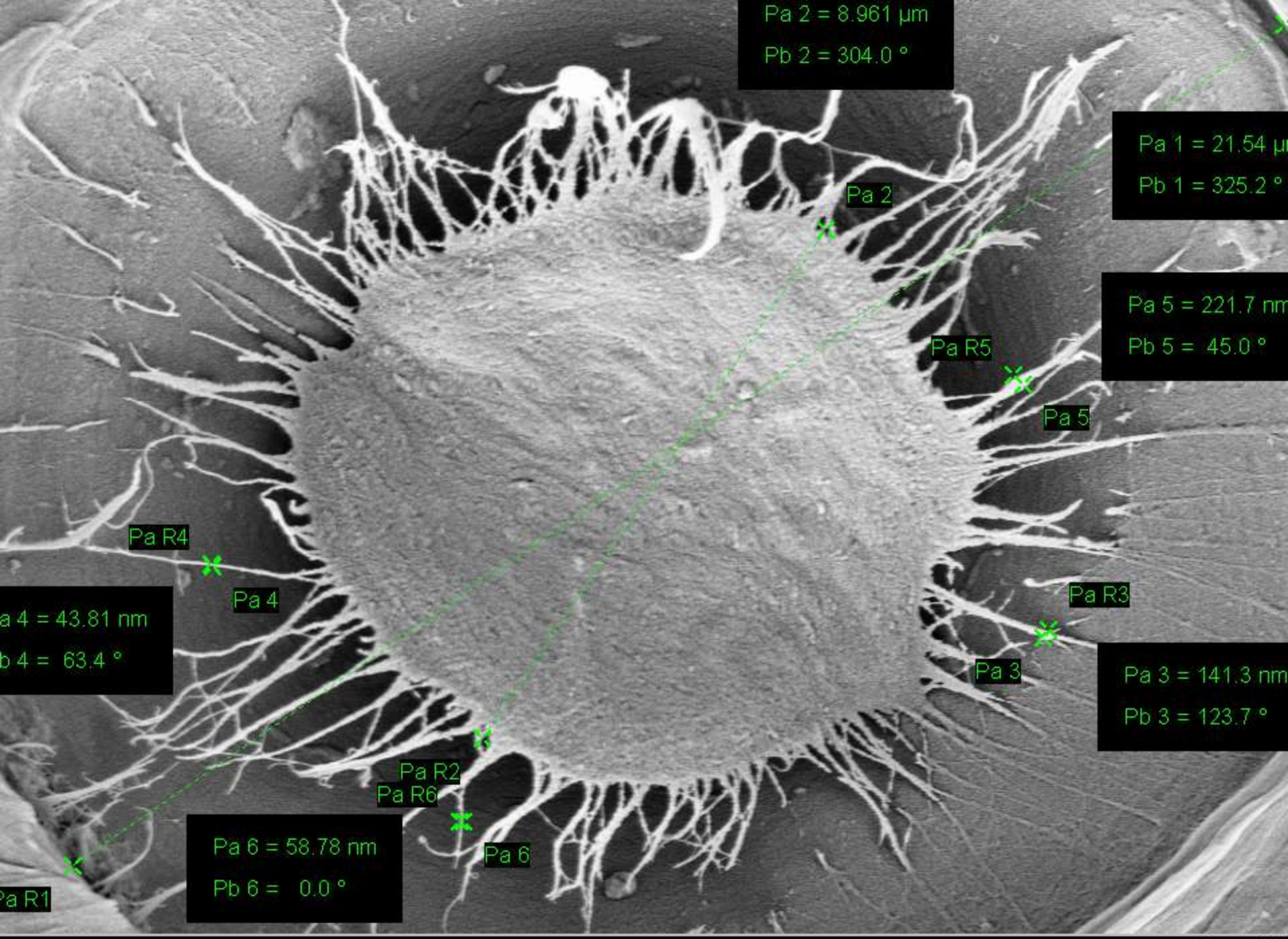
Кроме того, совместная работа ОАО Группы "Илим" и Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров является первым примером государственно-частного партнерства в области производства целлюлозы и бумаги в Российской Федерации.

Практические примеры применения инновационных технологий, такие как проект "Лиственница", служат демонстрационными моделями при разработке региональных планов действий по использованию биомассы ЕЭК ООН, которые призваны ускорить применение инновационных подходов в регионах Российской Федерации.

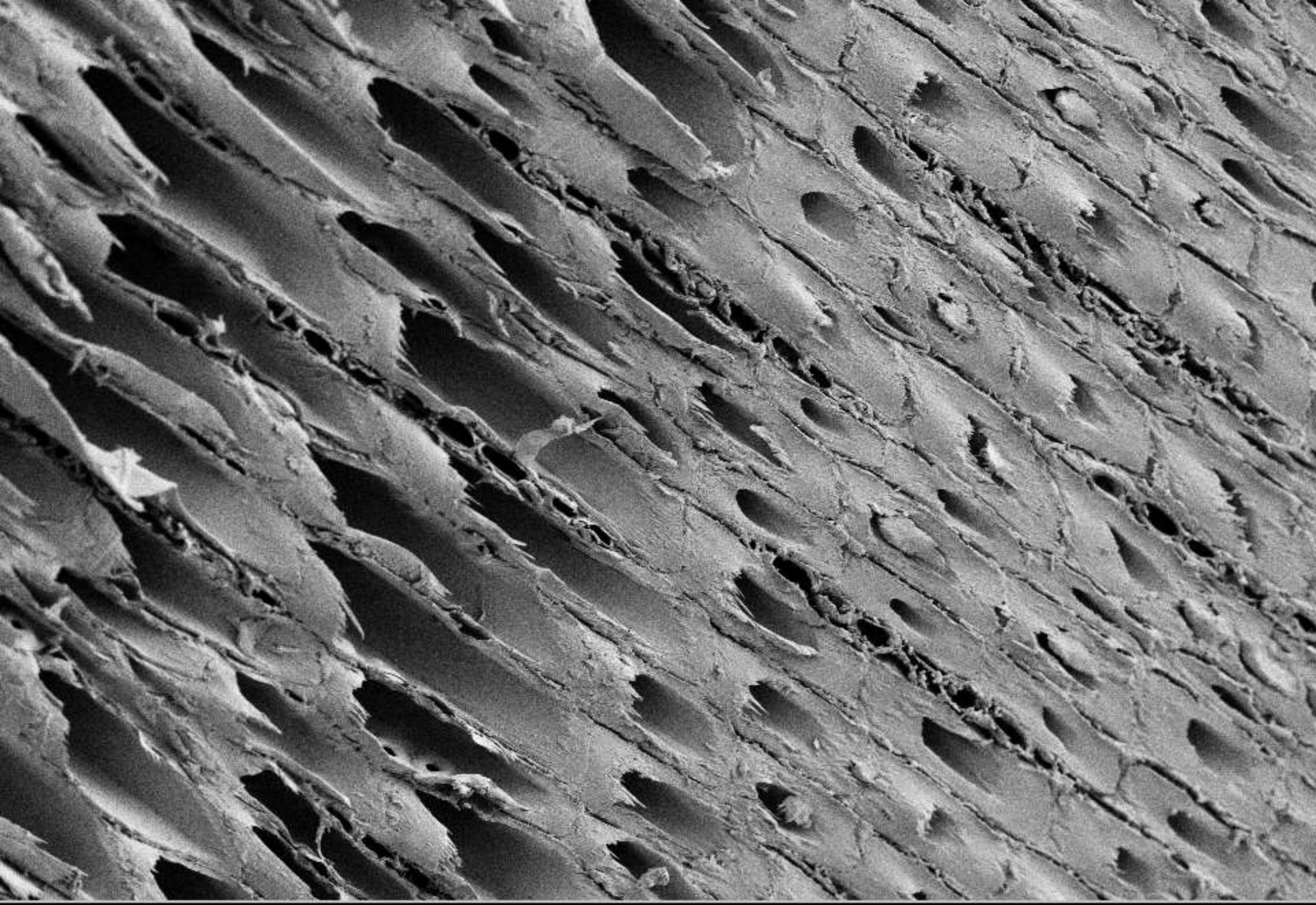
В своей деятельности ЕЭК ООН стремится к обеспечению наращивания потенциала в государствах-членах, расширению базы знаний и улучшению практических навыков всех участников инновационного процесса и органов власти. Мы надеемся, что настоящая публикация будет также способствовать этой задаче.

Свен Алкалай
Исполнительный секретарь
Европейской экономической комиссии
Организации Объединенных Наций


= 500 X
20 µm*
WD = 9.2 mm
System Vacuum = 3.94e-006 mbar
Signal A = SE2
Date :25 Mar 2011
Time :16:3



= 15.00 K X 2 µm* WD = 9.9 mm System Vacuum = 2.14e-005 mbar Signal A = SE2 Date :30 Mar 2011 Time :14:4



ag = 500 X 20 µm WD = 4.4 mm EHT = 3.00 kV File No = 3471 Signal A = SE2 Date :13 May 2011 Time :12:5
Aperture Size = 20.00 µm Noise Reduction = Line Int. DoneChamber Status = Pump

В июле 2013 г. в Братском филиале ОАО «Группа «Илим» проведена опытно-промышленная выработка (480 тонн) беленой сульфатной целлюлозы из смеси древесины лиственницы (свыше 40%) с другими породами. Вся целлюлоза успешно переработана у зарубежных потребителей.

В СПб ГТУ РП и ОАО «Сиб НИИ ЦБП» созданы лаборатории, оснащенные современным оборудованием. Это позволяет оперативно решать задачи по созданию инновационных технологий и продуктов, а также осуществлять целевое обучение специалистов для их реализации.

Разработки по био-рефайнингу, биотопливу и решению экологических проблем

СПб ГТУ РП осуществляет научное сопровождение при создании инновационных технологий и решении экологических проблем в ЦБП, при создании систем оптимально-замкнутого водооборота на базе сочетания систем локальной и общезаводской очистки стоков.

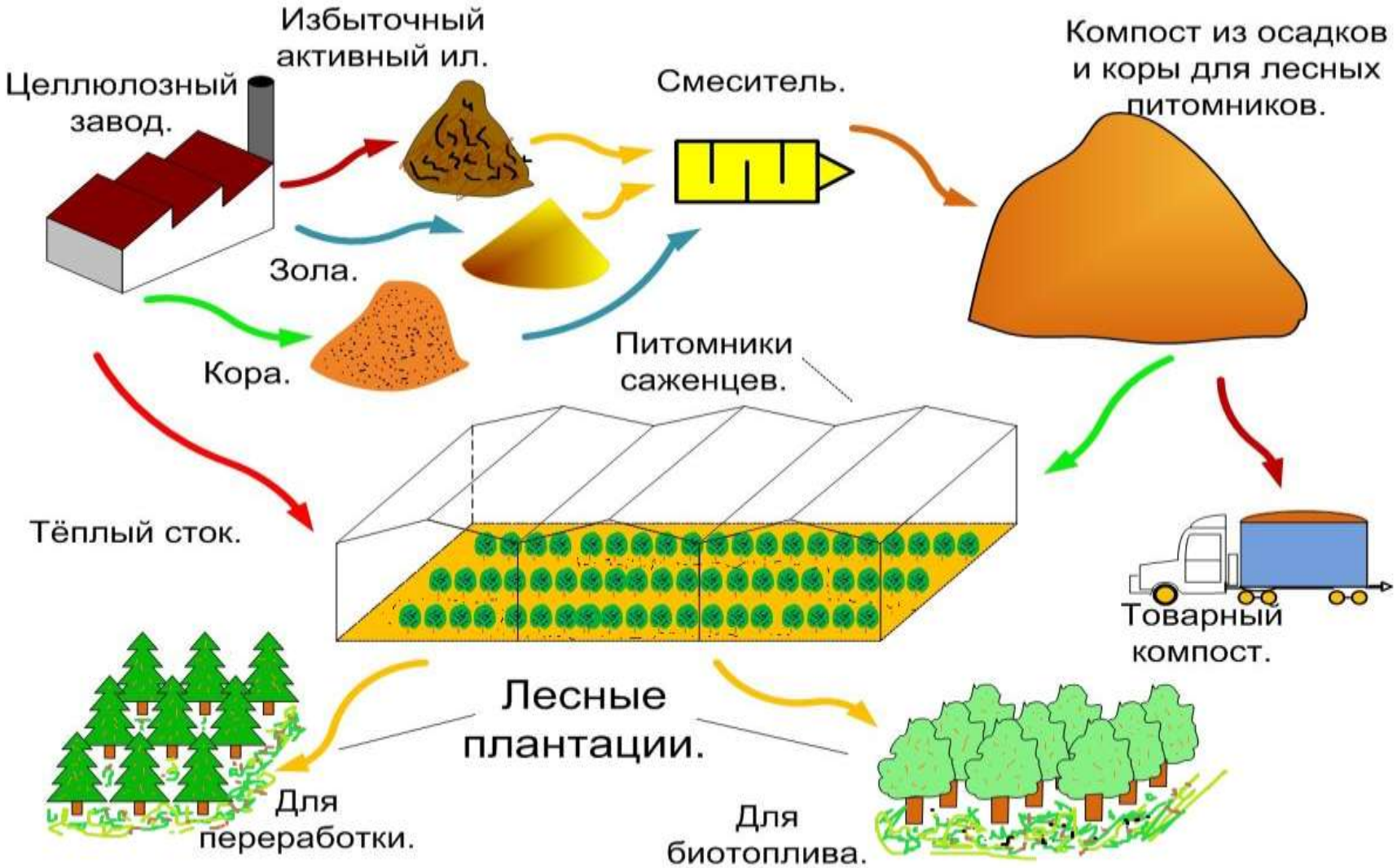
В 2007-2008 году на ОАО «Светогорск» реализован ряд инновационных технологий, обеспечивших решение экологических проблем и увеличение использования избыточного активного ила, как биотоплива, на 150-200 тонн в сутки.

Обезвоженные осадки – не только биотопливо, но и основа для био-рефайнинга

- 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

Цикл превращения органических отходов целлюлозных заводов в сырьё.



Развитие производства пеллет в России

В соответствии с
КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММОЙ
развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года,
(утвержденной В.В.Путиным 24.04.2012 г)
производство твердого био-топлива составит:

2010 г. - 3 млн. тонн;
2015 г. – 6 млн. тонн;
2020 г. – 18 млн. тонн.

Производство в России в 2012 году

древесных пеллет и брикетов (FPAMR 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.

ЕЭК-ООН

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
Европейская экономическая комиссия

Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций

Ежегодный обзор рынка

лесных товаров, 2011–2012 годы

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Биотопливо нового поколения.

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

Для производства 1 ГВЧ 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%.

Двух-стадийное сжигание

Сжигание пеллет осуществляется в две стадии – газификация в условиях контролируемого недостатка кислорода (лямда-датчики) и вихревое сжигание газообразных продуктов в смеси со вторичным воздухом.

Возможность охлаждения отходящих газов

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

Сравнение древесной щепы и пеллет

(Source: Reesinck, GF Energy, 2010)

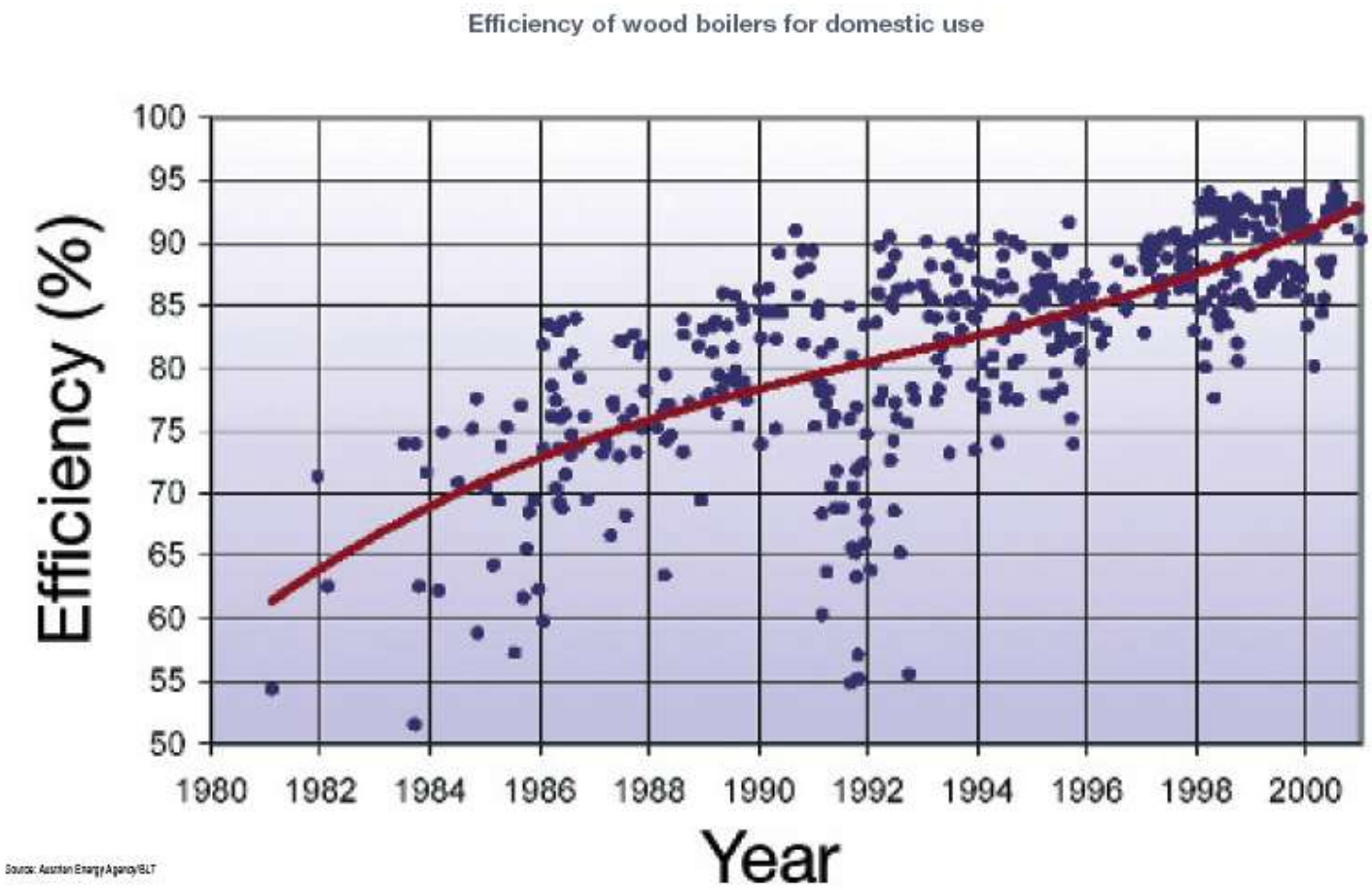
	Щепа	Пеллеты
Теплотворная способность, GJ/тонну	10	17.5
Плотность, Кг/кубометр	290	650
Энергетическая плотность, GJ/m^3	2.9	11.4

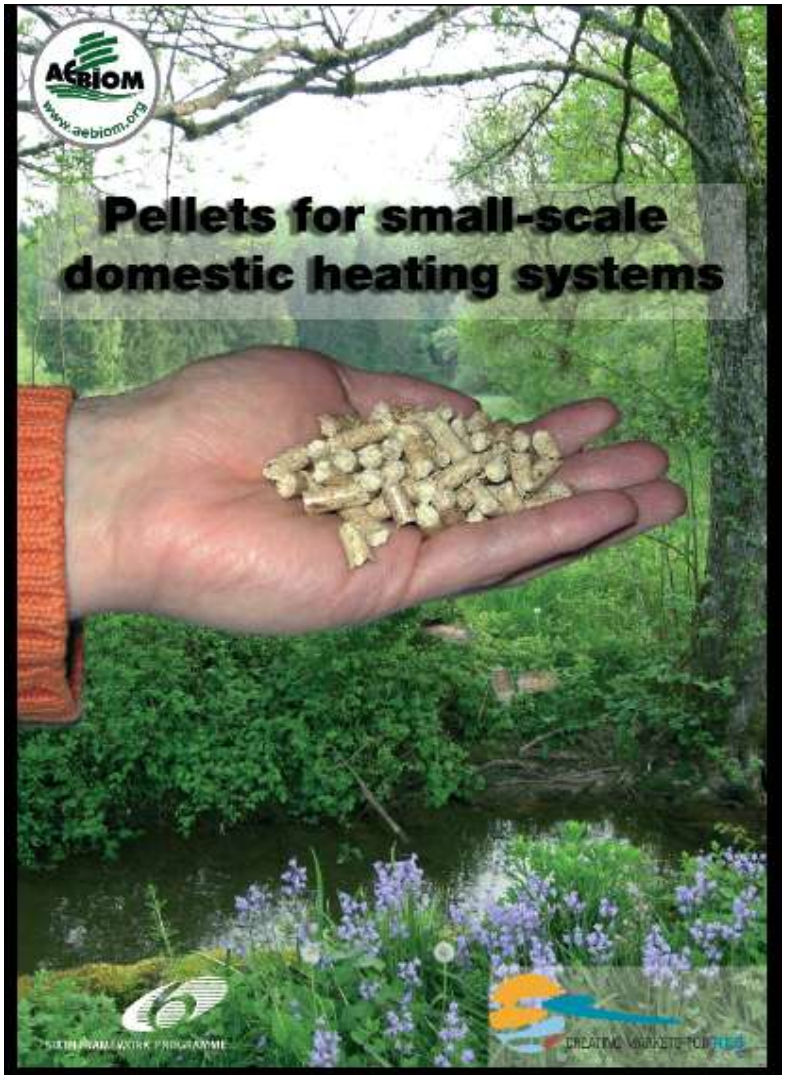
Энергоэффективность

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

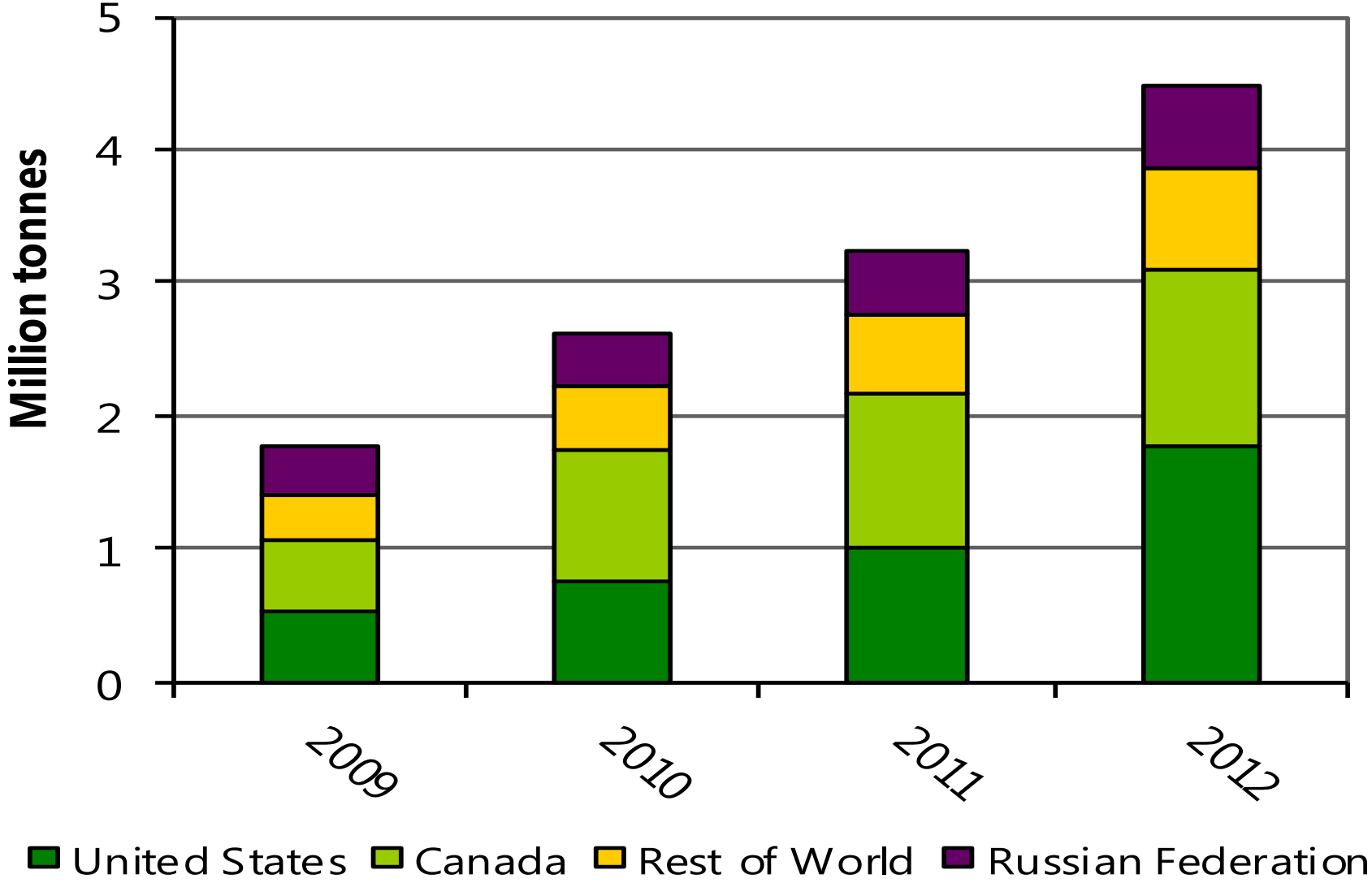
FAO Forestry Paper 154, 2008

Рост эффективности сжигания древесины

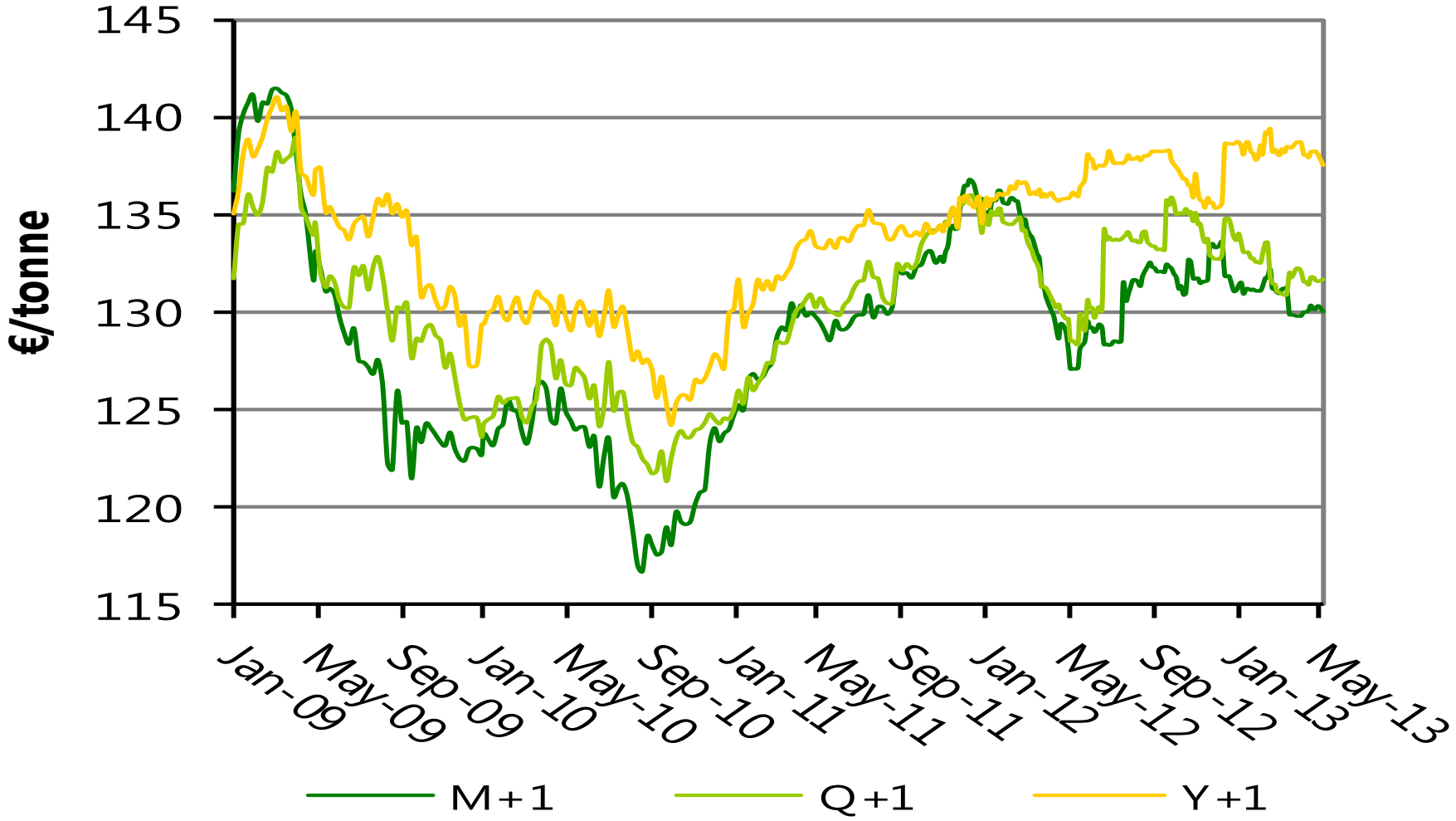



AEBIOM
www.aebiom.org
Pellets for small-scale domestic heating systems

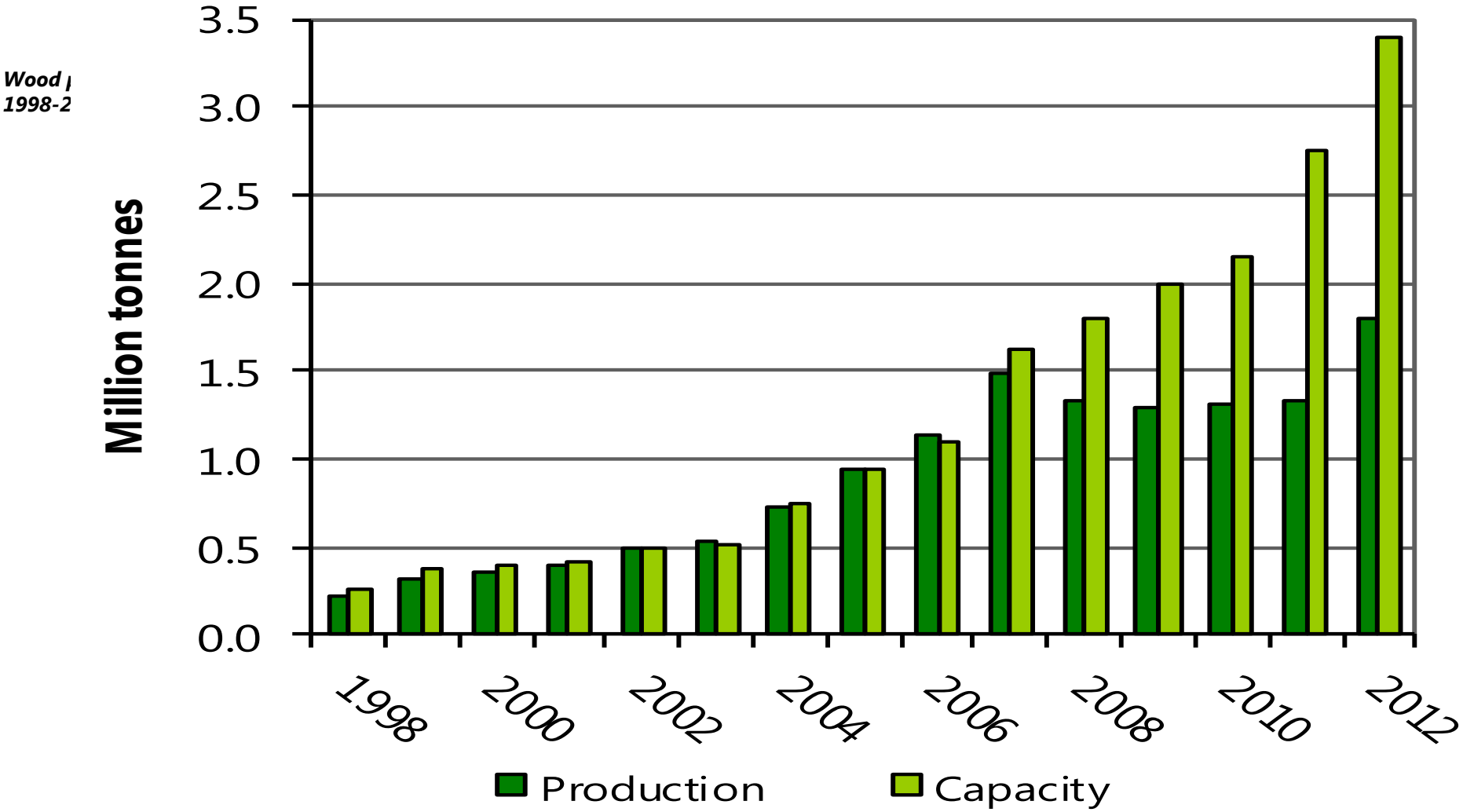
Импорт пеллет в страны ЕС в 2009-2012 гг. (FPAMR 2013)



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



Производственные мощности и производство пеллет в Канаде (FPAMR 2013)



Развитие плантаций в России

Площади плантаций быстрорастущего леса: 2015 г. - 20 тыс. га

2020 г. - 100 тыс. га

КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА

развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года.

Утверждена В.В.Путиным 24.04.2012 г

Био-технологии и генная инженерия в лесном секторе

Использование молекулярного маркирования и микроклонирования при создании деревьев для интенсивного лесопользования и плантаций ускоренного роста.

- Создание деревьев с заданными свойствами - морфологической структурой и химическим составом (пониженное содержание лигнина, увеличенное содержание целлюлозы).

СРАВНЕНИЕ экстенсивной и интенсивной модели лесопользования (И. Сапунков, ОАО «Группа «Илим», Адам Смит, 2012).

Позиция	Экстенсивная модель (Россия)	Интенсивная модель (Скандинавия)
Съем с 1 Га за оборот рубки, кубометры	250	600
Дров, %	30%	5%
Баланс, %	40%	35%
Пиловочник, %	30%	65%

Плантации ускоренного роста

Появление и развитие плантаций ускоренного роста приводит к принципиальному изменению ситуации на мировых рынках лесной и целлюлозно-бумажной продукции.

По данным ФАО ООН, занимая сегодня лишь пять процентов лесопокрытой площади мира, плантации уже обеспечивают свыше 50% мирового потребления древесины.

Плантации ускоренного роста

Продуктивность эвкалиптовых **плантаций ускоренного роста** в Бразилии за последние 20 лет увеличилась с 40 до 60 кубометров с гектара в год.

Продуктивность сосновых **плантаций ускоренного роста** в Новой Зеландии достигла 30 кубометров с гектара в год.

Продуктивность лесов России **– около 1,5** кубометров с гектара в год.

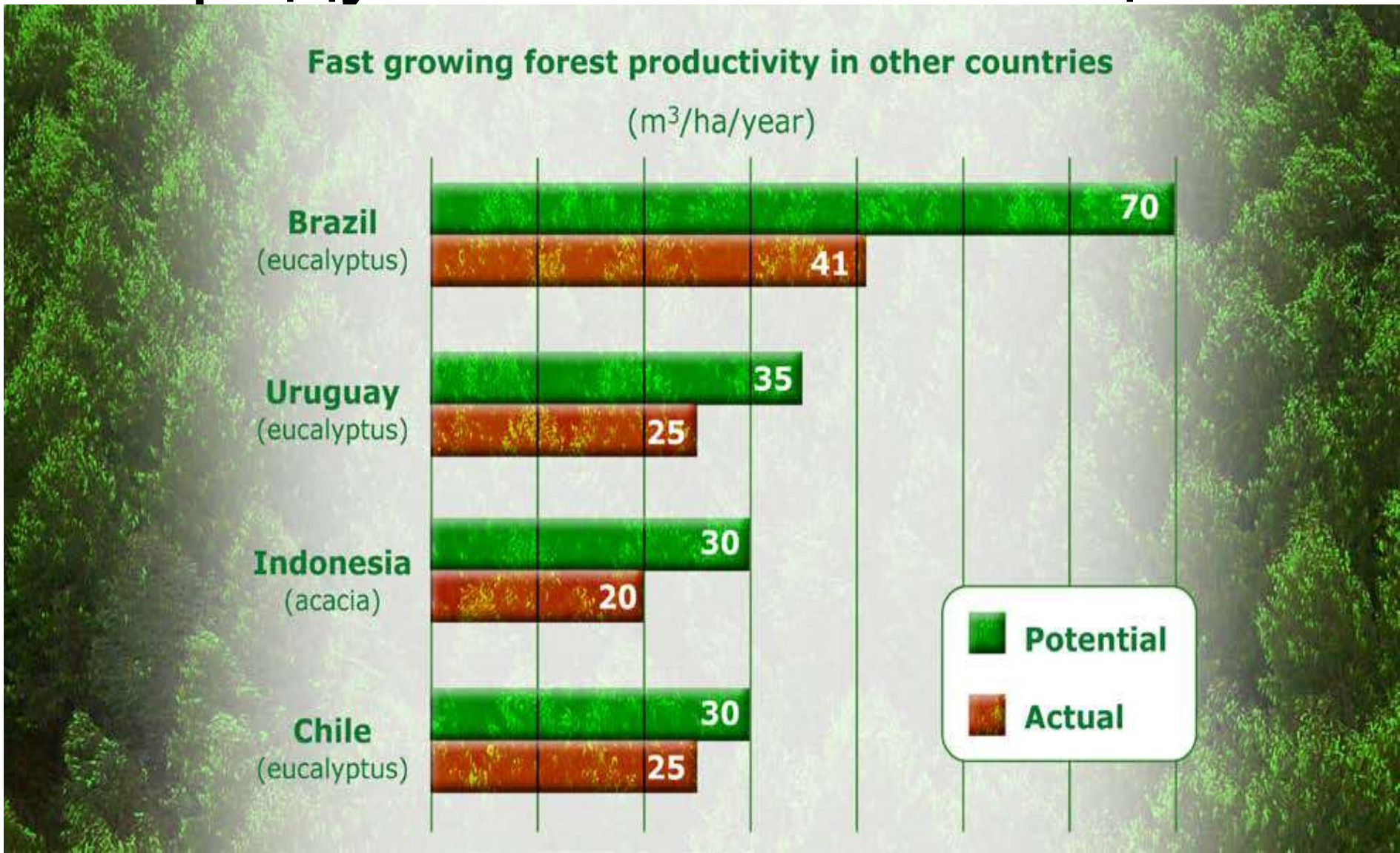
Бразилия – 1995; 2005; 2013.

Veracel ten years ago

Veracel Today

Бразилия – 2013 год

Фактическая и перспективная продуктивность плантаций



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

Плантационная стратегия Китая

К 2015 г. площадь плантаций ускоренного роста – 13.3 млн.га

Заготовка древесины– 133.4 млн. кубометров в год.

Производство на этой основе:

13.9 млн. т целлюлозы

21.5 млн. кубометров плит

15.8 млн. кубометров пиломатериалов

Лесные плантации в Китае

Использование лесонасаждений увеличило долю Китая в площади лесов мира с 12 % в 1981 до 20 % в 2010 году.

Так, Компания Asia Pulp & Paper (APP) адаптирует к потребностям Китая модель плантационного лесоводства.

Плантации APP в Китае занимают приблизительно 300 тыс.га. Около 85 % волокна для переработки компания получает из древесины с собственных плантаций, остальное составляет вторичное волокно.

Расширение плантаций

- Саженцы первого года высадки. Ежегодное расширение плантаций - 1300 га.

- Посадки двухлетнего возраста. Уход за плантациями сводится к их орошению по графику и периодической очистке оросительных каналов от наноса песка.

В Китае накоплен богатый опыт использования избыточного активного ила предприятий ЦБП для плантационного выращивания древесины.

-

Китай. Плантация тополя (осины) для переработки в БХТММ – белёную химико-термо-механическую массу (Фото Ю.Г.Мандре). **Возраст рубки - 6 лет.**

Расположена в пустыне Гоби, в 12 км от завода. В качестве почвы используется осадок очистных сооружений. Для орошения используется очищенный сток с завода.

Мировые площади тополя 2007

	Мир (1000 ha)	Китай (1000 ha)	Доля Китая, %
Природные леса	71,079	3,060	4
Плантационные леса	5,393	4,347	81
Система агро-форестри (Agroforestry systems)	2,630	2,500	95
Всего	79,102	9,907	13

FAO 2008: Informe de 19 países miembros de la CIA

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

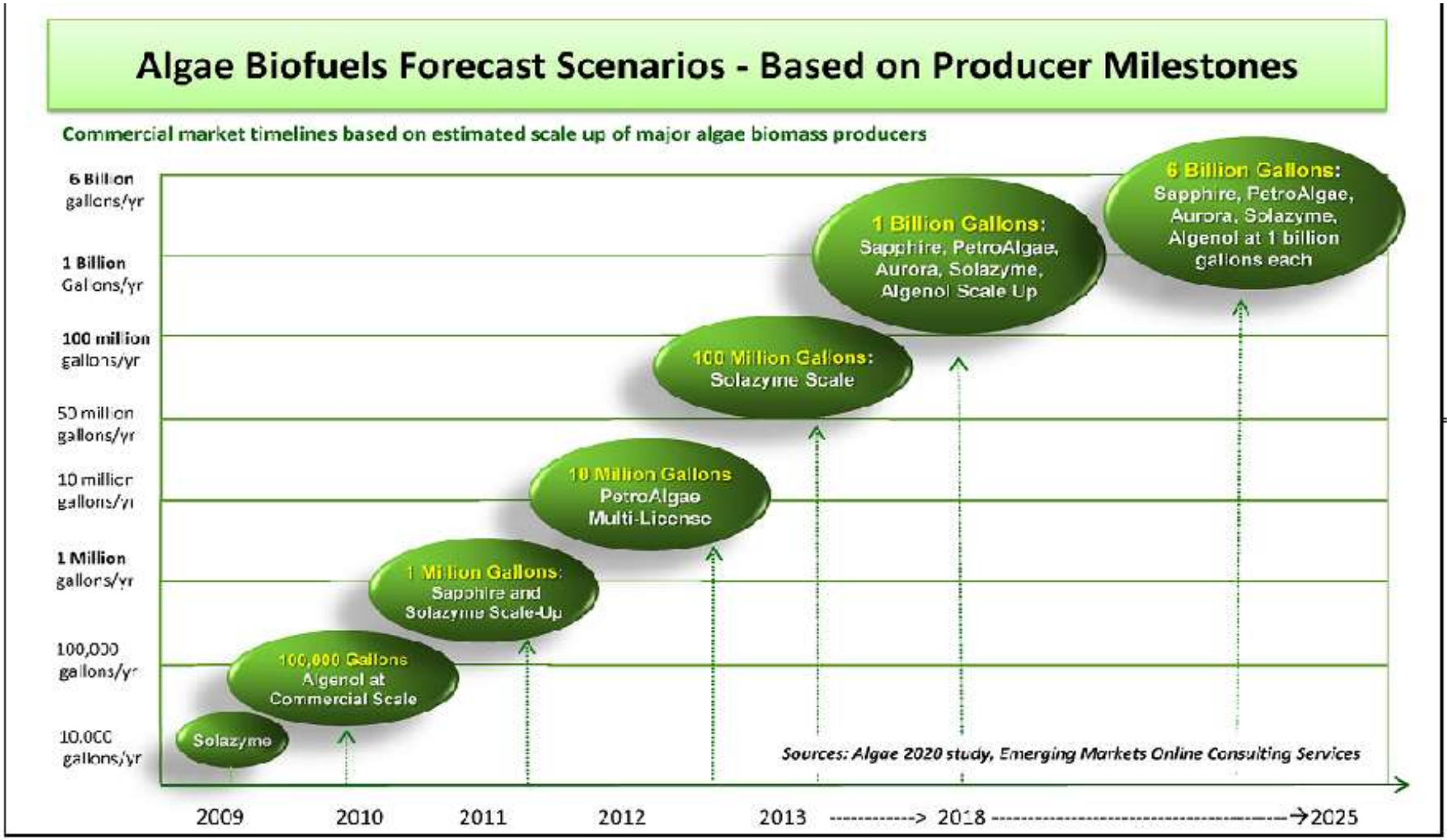
Микроводоросли и ЦБП

ЦБК имеют огромные количества вторичного тепла, сбрасываемого с очищенными стоками в водоемы – среднегодовая температура стоков 35-40°С, объем для крупных комбинатов – 150-300 тысяч кубометров в сутки. Эта вода может быть использована, в перспективе, для выращивания микроводорослей.

Производство микроводорослей (альга) в Нидерландах

Совместное использование био-реактора и водоемов

Прогноз развития производства микроводорослей



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ !

e-mail: akim-ed@mail.ru
tel: +7-812-786-53-23
+7-921-905-71-89

Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров,

198095, г. Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4

АКИМ ЭДУАРД ЛЬВОВИЧ