

Ministry of Education and Science of Russian Federat
Saint Petersburg State University
of Industrial Technologies and Design
(SPb SU ITD)



БИОРЕФАЙНИНГ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА И ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ ДРЕВЕСНЫХ И ЦЕЛЛЮЛОЗНО- БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Профессор Э. Л. Аким,

**Почетный Член Консультативного Комитета ФАО ООН
по устойчивости Лесного сектора,**

Заведующий кафедрой СПб ГУПТД
Akim-ed@mail.ru

**ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,
ПОСВЯЩЕННАЯ ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.И. КОМАРОВА**

Архангельск, 11-13 сентября 2019

Био-рефайнинг - производство наукоемкой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе комплексной глубокой переработки растительного сырья непосредственно в регионе произрастания.

Работы кафедры целлюлозы и композиционных материалов СПб ГУПТД в области биорефайнинга растительного сырья.

Биорефайнинг древесины

- **Лиственница**
- **Другие хвойные породы**
- **Осина**
- **Другие лиственные породы**

Биорефайнинг другого растительного сырья

- **Хлопок**
- **Сахарный тростник (Багасса)**
- **Конопля (не наркосодержащая)**
- **Мискантус**

«Циркулярная экономика»

«Циркулярная экономика» (также «Экономика замкнутого цикла») от англ. *Circular economy*; цикличная или циклическая экономика от англ. *Cyclic economy*; Closed-loop economy – это экономика, основанная на повторном использовании ресурсов. Этим она отличается от линейной экономики (создание, использование, захоронение отходов).

**Основопологающие принципы циркулярной экономики:
предотвращение образования, повторное использование и переработка
отходов.**

**Появляются понятия: вторичное волокно; вторичная древесина;
вторичный пластик.**

Циркулярная экономика в России

Она во многом фокусируется на проблеме уменьшения объемов захоронения бытовых отходов. По состоянию на 2018 г. в России перерабатывается около 7% твердых коммунальных отходов. Национальный проект «Экология» ставит задачу довести этот уровень к 2024 г. до европейского – 60%.

На состоявшемся в октябре 2018 г. в МГУ круглом столе по внедрению принципов экономики замкнутого цикла в России Министерство промышленности и торговли РФ представило **Стратегию развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 г.** Документ рассматривает основополагающие принципы циркулярной экономики: предотвращение образования, повторное использование и переработка отходов.

Одним из ключевых мероприятий для реализации стратегии является создание экотехнопарков, предусматривающих замкнутую систему обращения с отходами и производство продукции из вторичного сырья. Один из первых таких экотехнопарков планируется создать в Архангельской области.

Идея такого технопарка вызвала протесты со стороны жителей Архангельской области.

Совместная переработка древесных и пластиковых отходов при получении НОВЫХ ВИДОВ био-топлива как путь сокращения твердых отходов мегаполиса

Решение проблем свалок – составная часть перехода к «Умному городу будущего». Созданные за последние 20 лет новые технологии, реализованные в производстве твердого биотоплива второго поколения, позволяют принципиально по новому решать большинство задач, связанных с промышленной переработкой большинства видов твердых отходов – от бытовых, до промышленных и сельскохозяйственных.

Инновации в глобальном Лесном Секторе

- Био-экономика;
- Системы глобального и национального **космического мониторинга** бюджета углерода лесов, включая мониторинг лесных пожаров;
- Фундаментальные исследования леса и древесины (био-рефайнинг древесины);
- «Зеленые» рабочие места;
- Плантации ускоренного роста;
- Не древесное растительное сырье и агро-форестри;
- Новые конструкционные материалы;
- **Многоэтажное деревянное строительство;**
- Новые процессы получения волокнистых полуфабрикатов - **«Природные глубокие эвтектические растворители - DES»;**
- **Био-топливо, био-энергетика и «мусорная революция»;**
- **Био-разлагаемая тара и упаковка.**

Лесной сектор – первый сектор мировой экономики, полностью вписывающийся в концепцию био-экономики и практически переходящий к циркулярной экономике:

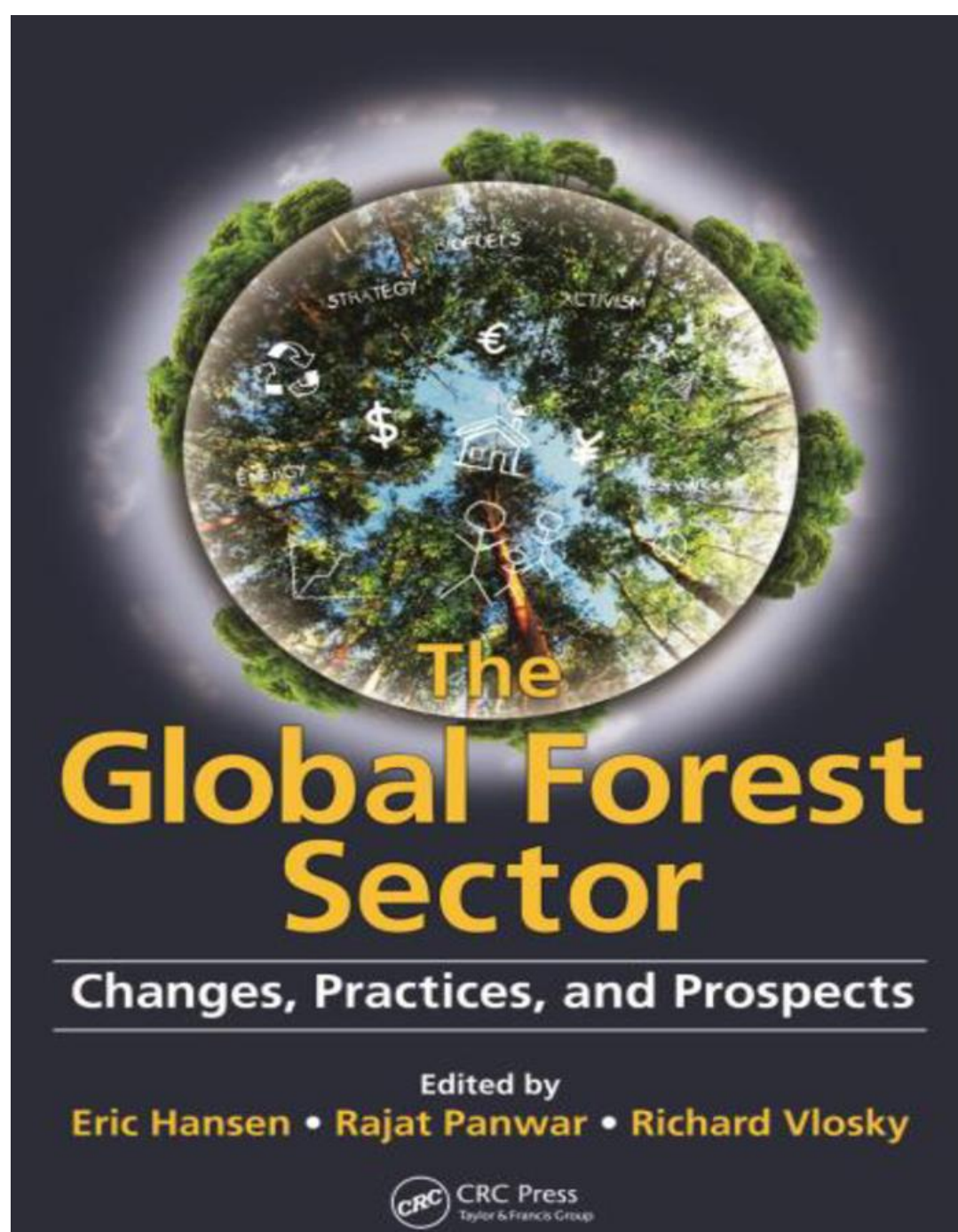
Устойчивое лесопользование и плантации ускоренного роста (эвкалипт, тополь);

Глобальное многократное использование вторичного волокна;

Био-топливо и каскадное использование древесины;

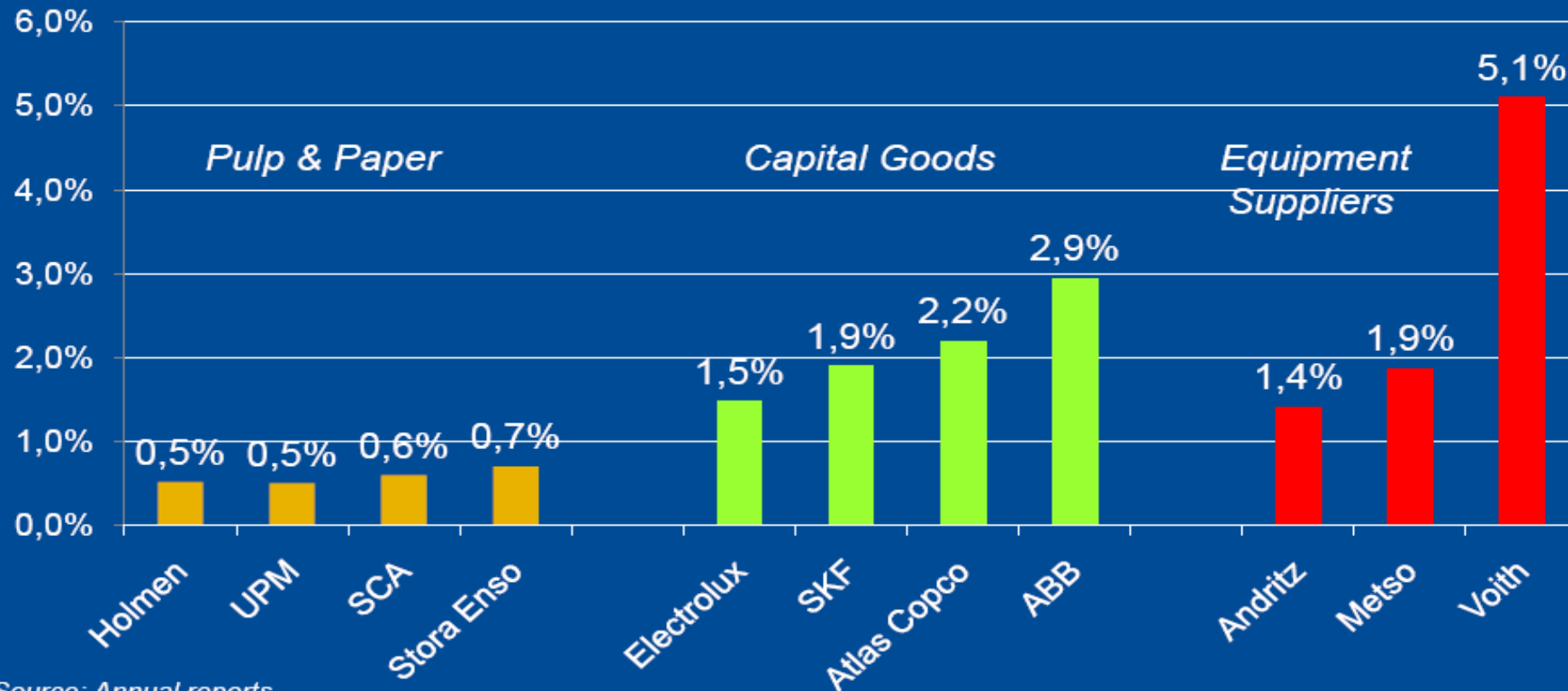
Космический мониторинг лесов и углеродного баланса лесов.

**Глобальный лесной сектор.
Изменения, проблемы и перспективы.**



R&D investments

2008 R&D % of sales



Source: Annual reports



The Pulp & Paper industry invests significantly less in R&D than its Equipment suppliers and the Capital Goods industry



Инновационные технологии для лучшего оборудования

Ведущие целлюлозно-бумажные компании мира вкладывают в R&D намного меньший процент, чем машиностроительные компании.

Поэтому, «лучшие практики» надо брать от машиностроителей, а инновационные технологии, учитывающие специфику нашей лесосырьевой базы – разрабатывать в России.

Наш опыт подтвердил эффективность более широкого подхода к выбору оборудования – применение оборудования и из химической и других отраслей промышленности.

Сочетание инноваций и переноса лучших практик

Уникальные конкурентные преимущества российского ЛПК позволяют за короткий период создать и вывести на рынки ряд инновационных продуктов, созданных на базе сочетания инноваций и переноса лучших практик, осуществить поэтапную эколого-экономическую реконструкцию предприятий с переходом на:

производство инновационной продукции с высокой добавленной стоимостью,

ресурсосберегающие технологии и

энергоавтономность.

СПИКи и инновации

Концептуальной основой нового этапа развития специальных инвестиционных контрактов (СПИК) является фактическое смещение вектора от задач преимущественно инвестиционного характера в сторону разработки и трансфера новых технологических компетенций.

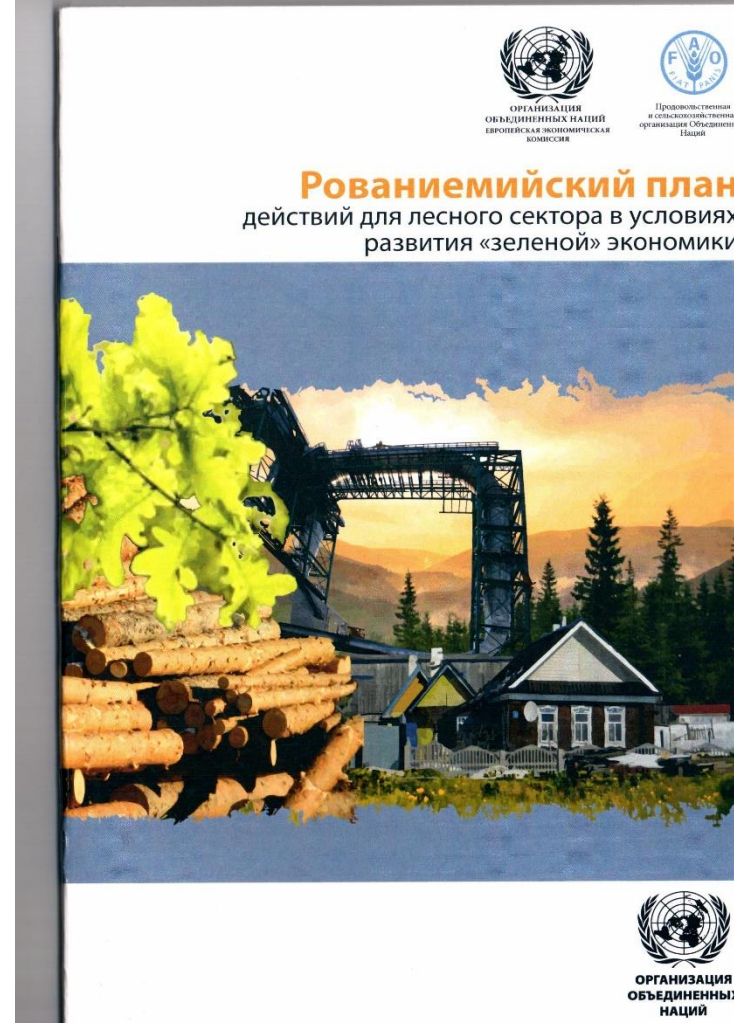
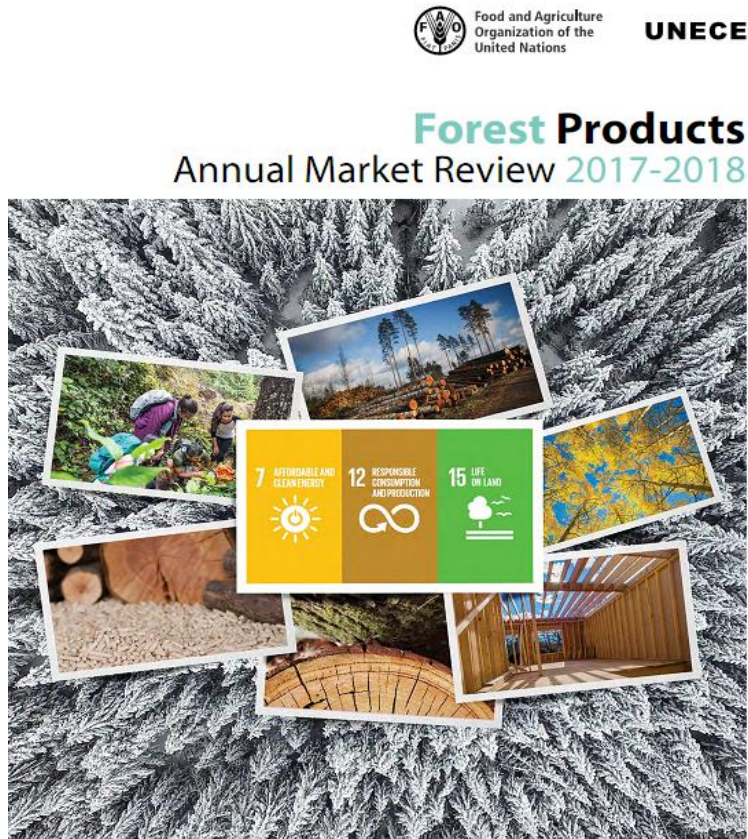
Подобная «перезагрузка» механизма СПИК предполагает разработку соответствующих подзаконных нормативно-правовых актов, создаваемых в развитие законодательных положений и регулирующих конкретные аспекты практической реализации подходов, заложенных новой моделью СПИК.

Разработка технологии опережающего развития

Для целлюлозно-бумажной промышленности должна учитываться ее специфика, заключающаяся в огромной капиталоемкости отрасли (1500-2000 долларов на тонну продукции, с оптимальной мощностью единичной технологической линии свыше 1000 тонн в сутки) и достаточной длительности цикла «разработка-внедрение». В связи с этим представляется целесообразным параллельное проведение создания современного (на момент строительства) промышленного производства и разработки технологии опережающего развития, пригодной для адаптации к оборудованию построенного предприятия (НИР и НИИОТР).

Только в этом случае на момент завершения сроков СПИК (15-20 лет) объект СПИК будет реализовывать не технологию, устаревшую на 15-20 лет (а фактически и более, с учетом сроков проектирования), а самую современную, конкурентоспособную на мировых рынках продукцию. Для этого необходим анализ тенденций развития потребляющих отраслей, чем систематически и занимается наш Университет.

ЕЭК ООН / ФАО ООН о «зеленой экономике»



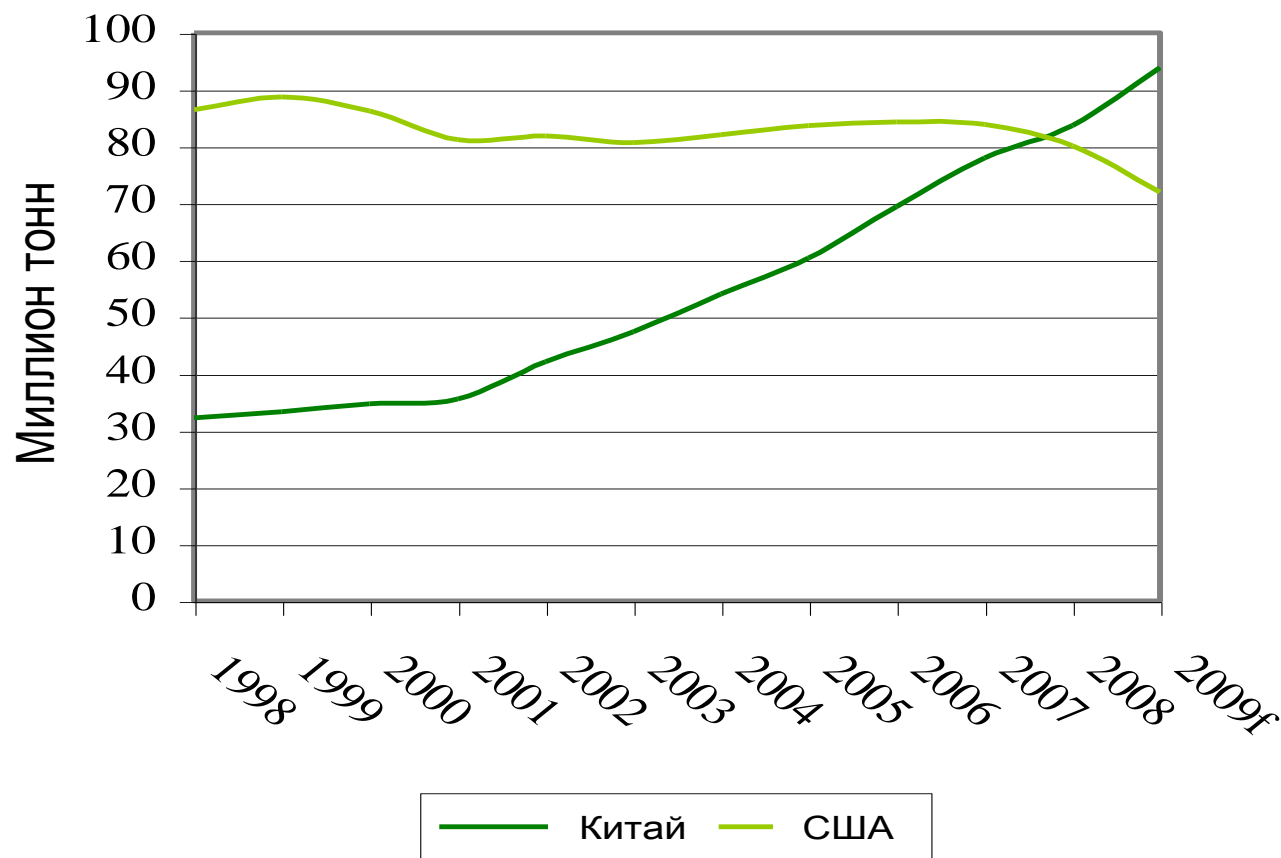
Изменение глобального производства и глобальной торговли целлюлозно-бумажной продукцией в 1980-2017 годах (по данным ФАО ООН)

		Производство				Экспорт			
		Объем	Изменение, по сравнению с:			Объем	Изменение, по сравнению с:		
Продукт	Единицы	2017	2016	2000	1980	2017	2016	2000	1980
<i>Древесная целлюлоза</i>	<i>млн. тонн</i>	184	1%	7%	46%	64	3%	68%	203%
<i>Другие виды волоконистых полуфабрикатов</i>	<i>млн. тонн</i>	12	-1%	-22%	-63%	0,4	11%	34%	109%
<i>Вторичное волокно</i>	<i>млн. тонн</i>	225	2%	64%	366%	57	-2%	131%	932%
<i>Бумага и картон</i>	<i>млн. тонн</i>	413	1%	27%	144%	117	3%	19%	224%
<i>Продукты лесопереработки</i>	<i>млрд. долларов США</i>					247	8%	70%	336%

Изменения за 40 лет...

- Глобализация
- Смена лидеров
- Слияния и поглощения
- Переход к бесхлорной отбелке
- Скачок использования вторичного волокна – переход к циркулярной экономике
- Плантации ускоренного роста (эвкалипт, сосна, черный тополь)
- Отказ от не древесного растительного сырья
- Реструктуризация ассортимента
- Переход мира к биоразлагаемой упаковке
- Переход к биорефайнингу и расширение ассортимента лесохимии
- Появление биотоплива второго поколения – пеллет и брикетов
- Появление новых древесных композитов

Производство бумаги и картона в Китае и США, 1998-2009



Китай производит свыше четверти мирового объема бумаги и картона

Баланс волокнистых полуфабрикатов в Китае:

- **Вторичное волокно – из Китая и импорт (6-8 циклов);**
- **БХТММ из тополя Китайских плантаций;**
- **Целлюлоза из эвкалипта – из Латинской Америки (Бразилия и др.);**
- **Армирующая северная хвойная целлюлоза из России, Канады и Скандинавии;**
- **Картон из России (100% первичного волокна).**

Производство и кажущееся потребление волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона в Китае, 2018г, млн. т

«волокнистые полуфабрикаты» включает объем вторичного волокна (производство 54.4 миллион тонн, включая волокнистые полуфабрикаты из импортированной макулатуры).

Источник: UNECE/FAO FPAMR 2019; China Paper Association, 2019.

	Производство		Кажущееся потребление	
	2018	Изменение,% 2017-2018	2018	Изменение,% 2017-2018
Волокнистые полуфабрикаты	72,010	-9.4	93,870	-6.6
Бумага и картон	104,350	-6.2	104,390	-4.2

Импорт целлюлозы в Китай, 2017-2018 млн. т

Источник: UNECE/FAO FPAMR 2019; China Customs Bureau, 2019.

China's recovered-paper imports fell by 34.8% in 2018, to 17.0 million tonnes, as customs officials enforced quality controls (Valois Vision Marketing, 2019).

	2017	2018	Change (%) 2017-2018
Kraft	19,242	20,034	4.1
Mechanical	1,796	1,541	-14.2
Dissolving	2,603	2,838	9.0
Other	65	389	498.5
Total	23,707	24,803	4.6

Импорт вторичного волокна в Китай, 2017-2018, млн. т

Источник: UNECE/FAO FPAMR 2019; China Customs Bureau, 2019; US Census Bureau, 2019.

	<i>2017</i>	<i>Доля (%) от всего</i>	<i>2018</i>	<i>Доля (%) от всего</i>
	26.1	100	17.0	100
Импорт в Китай				
	10.8	41.4	7.8	45.6
Из которых из США				
Экспорт вторичного волокна из США	18.3	100	19.1	100
В том числе в Китай	10.8	59.1	7.8	40.7

Импорт круглого леса в Китай, 2014 and 2018

(млн. м³), Источник: Wood Resources International, 2019.

	<i>2014</i>	<i>2018</i>	<i>Изменение (%) 2014-2018</i>
Новая Зеландия	11.5	15.8	37
Российская Федерация	9.9	7.8	-21
США	5.5	5.1	-7
Австралия	2.1	4.1	95
Канада	3	2	-33
Другие	3.5	5.5	57
Всего	35.6	40.1	13

Текстильные волокна и материалы

По тоннажу и значимости на первом месте стоят, безусловно, **текстильные волокна и материалы, как тканые, так и нетканые**. В 2010 году общее потребление волокон в мире (натуральных и химических) достигло величины 80,8 млн. тонн, а **в 2017 году приблизилось к 100 млн. тонн**. Благодаря гидрофильности целлюлозных волокон, их применение в одежде (т. наз. первого и второго слоя) создает комфортные условия для человека и в жару, и в холод.

Наиболее известные волокна на основе целлюлозы (хлопковое и вискозное волокно) поэтому и используются при производстве тканей для одежды первого и второго слоя. При производстве костюмных и подкладочных тканей применяют вискозное целлюлозное волокно из возобновляемого сырья - в Европе производимое, как правило, из березы или ели.

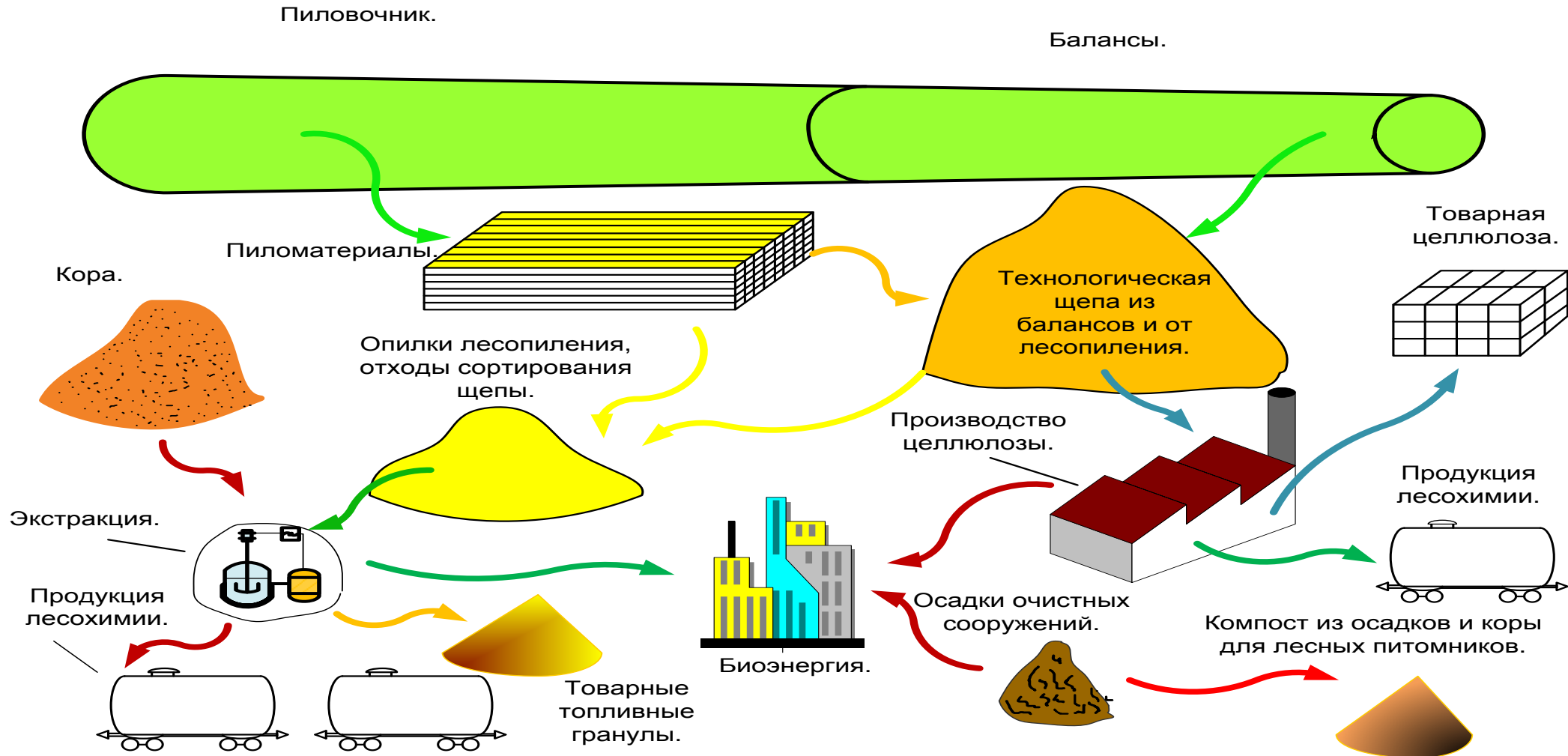


Для лесного сектора России прорывные технологии являются единственным путем выхода на инновационный путь развития. Наиболее целесообразный путь реконструкции существующих предприятий - переход на производство наукоемкой продукции. Предприятия лесного сектора, которые были спроектированы и построены в 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 развития рынков и тенденций на несколько десятилетий вперед.

Проект «Лиственница» – прорывная, инновационная технология, реализованная в промышленных масштабах.

Био-рефайнинг древесины лиственницы

Возможный ежегодный объем заготовки в России древесины лиственницы может составить 105 млн. кубометров (более 97% в Сибирском и Дальневосточном ФО).



Итоги проекта «Лиственница»

Используя разработанную ранее концепцию об определяющей роли релаксационного состояния полимерных компонентов древесины, на основании фундаментальных исследований структуры древесины лиственницы, впервые было 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. Предложенные инновационные технологии получения волокнистых полуфабрикатов из древесины лиственницы и извлечения арабиногалактана защищены 19 патентами РФ.

Разработанные технологии переработки 100% лиственницы, а также ее смесей с другими видами древесного сырья реализованы на Братском филиале ОАО «Группа «Илим», который с ноября 2014 года перешел на инновационные технологии производства целлюлозы.

На 1 января 2018 года выпущено и реализовано свыше 2 млн. тонн целлюлозы, произведенной по инновационной технологии, на сумму свыше 60 миллиардов рублей.

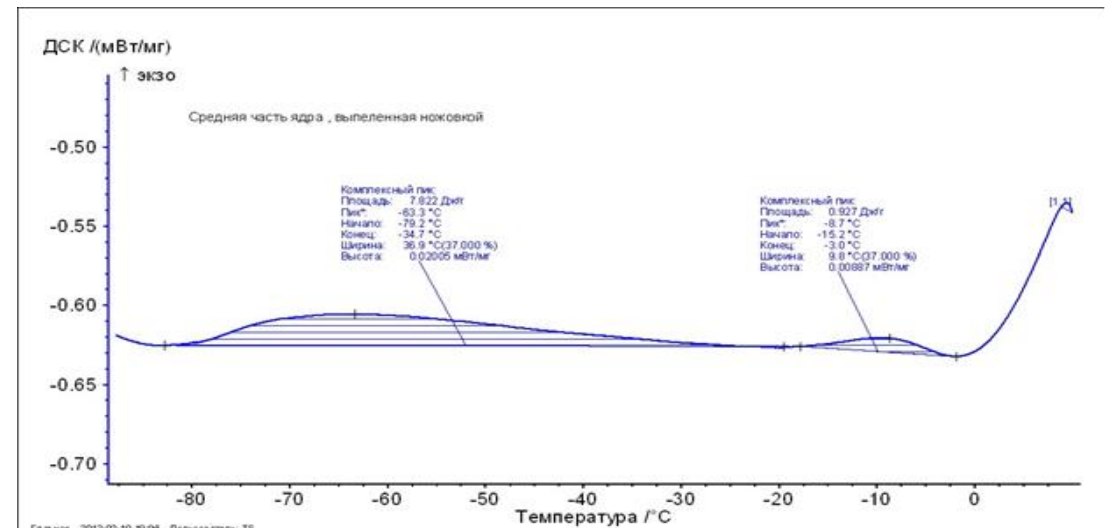
При реализации этой технологии на первых ее стадиях комплекс «арабиногалактан – вода» используется как био-топливо, в составе черного щелока.

Комплекс «АГ-вода» - глубокий эвтектический пластификатор

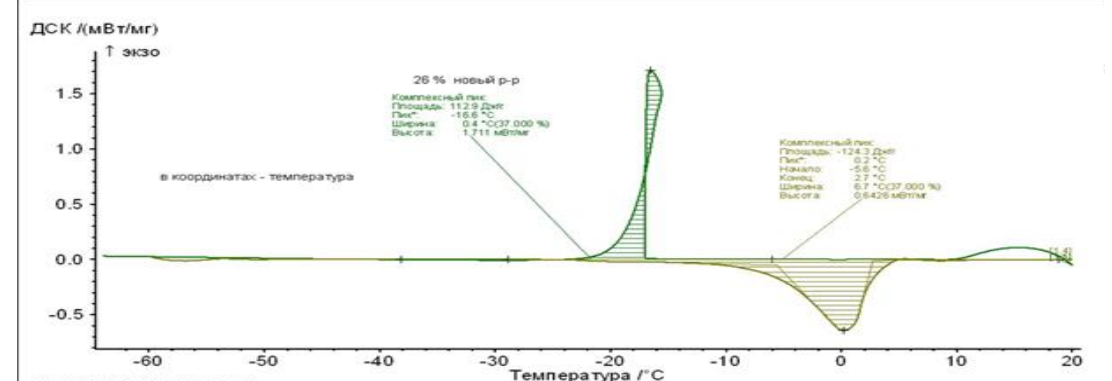
Капиллярно-пористая структура древесины выполняет в живом дереве не только проводящие функции по транспортировке жидкостей, но и **обеспечивает**, благодаря жидкостному заполнению, **усталостную прочность древесины**, причем присутствующий в древесине лиственницы комплекс «АГ-вода» может рассматриваться как природный **эвтектический растворитель**, сочетающий в себе также и свойства **эвтектического пластификатора**

(Э. Л. Аким, С.З. Роговина, А. А. Берлин).

ДСК-кривые опилок древесины лиственницы из средней части ядра и 26%-ного раствора арабиногалактана



Главное: 2012-02-10 10:04 Пользователь: TS
Прибор: NETZSCH STA 449F3 STA449F3A-0054-M Файл: C:\Documents and Settings\TS\Рабочий стол\NOV\Новая папка (2)\NETZsch_rev.nrb-ss3
Примечание: DSC A3-pan с крышками, запрессованы
Проказ: NOV Материал: NETZsch ИС-методы: TS



Главное: 2012-02-10 10:23 Пользователь: TS
Прибор: NETZSCH STA 449F3 STA449F3A-0054-M Файл: C:\Documents and Settings\TS\Рабочий стол\NOV\Новая папка (2)\AG 26%_rev.nrb
Примечание: DSC A3-pan с крышками, запрессованы
Проказ: NOV Материал: AG_26%_rev
Исходный код: AG_26%_rev
Дата: 10.02.2012 10:58:34 Метод: DSC/TO pan A1
Оператор: Зарина Вес: 35000 мг
Образец: AG_26%_rev_37_590.mg ДСК-ТГ / Образец: ДСК-ТГ / Образец
Семантика: 6 Диаметр измер. ТГ: 35000 мг
Диаметр измер. ДСК: 5000 мкм

Спасибо за внимание!

Эдуард Львович Аким,

Действительный Член Российской Инженерной Академии, доктор технических наук, профессор

Заведующий кафедрой технологии целлюлозы и композиционных материалов Высшей школы Технологии и Энергетики Санкт-Петербургского Государственного Университета Промышленных Технологий и Дизайна (СПб ГУ ПТИД).

E- mail: Akim-ed@mail.ru

Телефон: +7 921 905 71 89;

+7-812-786-53-23