



Saint Petersburg State University
of Industrial Technologies and Design
(SPb SUITD)



HIGHER SCHOOL OF TECHNOLOGY AND ENERGY

«Окно возможностей» использования биотоплива на примере конгломерации Санкт-Петербург – Ленинградская область

**Профессор Эдуард Аким, Зав каф. ТЦКМ ВШТЭ, СПб ГУПТД
Почётный член Консультативного Комитета ФАО ООН
по устойчивости Лесного сектора**

Биотопливный конгресс.

**Санкт-Петербургская Торгово-промышленная палата
ул. Чайковского, 46-48, Санкт-Петербург**

19-20 марта 2025

Комплекс по переработке твёрдых коммунальных отходов (ТКО) Санкт-Петербурга на Волхонке

5 февраля 2025 года представители ряда ВУЗов Санкт-Петербурга посетили новый комплекс по переработке твёрдых коммунальных отходов (ТКО) на Волхонке.

Посещение проходило по приглашению Вице-губернатора Санкт-Петербурга по инновациям В.Н. Княгигина, Председателя Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности К.А. Соловейчика и Невского экологического оператора, регионального оператора по обращению с твёрдыми коммунальными отходами (ТКО) на территории Санкт-Петербурга.

ТБО, отходы ЛПК и отходы ЛПК как сырьё для биотоплива

На основе многолетнего опыта работы с рядом отраслей промышленности, с биотопливом, с проблемами обеспечения технологического суверенитета и использования «окна возможностей» при оперативном решении достаточно сложных технологических проблем, целесообразно дать анализ данной проблемы как части перехода мира к циркулярной биоэкономике, возможности и целесообразности использования для решения данной проблемы инновационной технологии получения твёрдого биотоплива высокой плотности.

Комплекс по переработке ТКО на Волхонке выпускает в качестве одного из видов продукции новый вид топлива — «Refuse Derived Fuel» (RDF), который содержит полимерные компоненты твердых

Сравнительные характеристики RDF и RPF (Japan RPF Association, 2011) и топлив по инновационной технологии ВШТЭ

Вид топлива	Вид отходов	Теплота сгорания, кДж/кг	Содержание воды	Стадия освоения
«Refuse Derived Fuel» RDF	Твердые полимерные отходы	12600-16800	Высокое (около 8% - на Волхонке - 19,3%)	Промышленная, Япония
«Refuse Paper & Plastic Fuel» RPF	Промышленные полимерные и бумажные отходы	25000-42000	Низкое	Промышленная, Япония
ВШТЭ	Древесные промышленные полимерные и бумажные отходы	19000- 21000	3,5-4,5	Опытная, Россия,
Древесные брикеты	Древесные отходы	19000-20930	2,0-2,5	Промышленная, Россия, Латвия
Древесно-угольные брикеты	Древесные отходы	30000-33400	2,5-3,0	Промышленная, Россия, Латвия
Торрефицированные брикеты	Древесные отходы	20950-23180	2,5-3,0	Промышленная, Россия, Латвия

Циркулярность и ЦБП

Сегодня (2025г.) в мире ежегодно производится более 450 миллионов тонн бумаги и картона – больше, чем всех синтетических полимеров и текстильных волокон вместе взятых. На долю тароупаковочных видов бумаги и картона приходится около 60% общего объёма. Поэтому именно вторичная переработка бумаги и картона является примером перехода к циркулярной биоэкономике. Япония еще в 1990 году имела уровень использования вторичных волокон (тогда называвшихся макулатурой) 52%.

В США в 2023 году уровень использования вторичных волокон достигал 70%, что делает бумагу в Соединенных Штатах наиболее циркулярным материалом. Для гофро-картонной упаковки величина еще выше - 91,4%.

Использование вторичных волокон в Китае, производящем сегодня

Нефть - не топливо, топить можно и ассигнациями...

В мире ежегодно добывается около 4, 5 млрд тонн нефти в год, свыше 95% используется как топливо, а сернистых соединений в различных видах нефти может быть более 10-ти процентов, хотя обычно этот показатель не превышает шести процентов. Содержание серы в этих видах топлива приводит при из сжигании к образованию сернистого газа и, как следствие, к кислотным дождям.

В мире ежегодно добывается около 7,5 млрд тонн в год каменного угля, а содержание общей серы в углях обычно колеблется, в основном, от 0,2 до 10%.

ОКНО ВОЗМОЖНОСТЕЙ

В условиях перехода к технологическому суверенитету, с учётом опыта работы мусороперерабатывающего комплекса (МТК) на Волхонке и логистических цепочек по реализации получаемого топлива RDF, а также ОКНА ВОЗМОЖНОСТЕЙ благодаря закрытию границы с Финляндией, создания опробованных в промышленности инновационных технологий получения биотоплива третьего поколения и его эффективного сжигания, предлагается скорректировать проект МТК «Островский» на производство древесного угля (Biochar) и почвенного субстрата

«Фонташка» 6 декабря 2024 «Мусороперерабатывающий завод

**Фотография топлива RDF
мусороперерабатывающ
его комбината на
Волхонском шоссе**

Влажность -19,3%

Хорошо видны обрывки
ткани, фрагменты
гофрокартона, бумаги и т. д.



Нанесение покрытий из синтетических полимеров на бумагу и картон является основным методом получения упаковки для жидких и пастообразных продуктов, одноразовой посуды и иных бытовых приспособлений. При этом возникают проблемы как переработки выброшенных изделий, так и переработки брака и обрезков, полученных в производственном процессе.



**Отходы комплекса «бумага-полиэтилен»,
кромка, заправочная рвань**





Глобальное использование древесного топлива, миллионы кубометров
(По данным МЭА [Global Bioenergy Statistics Report, 2024])

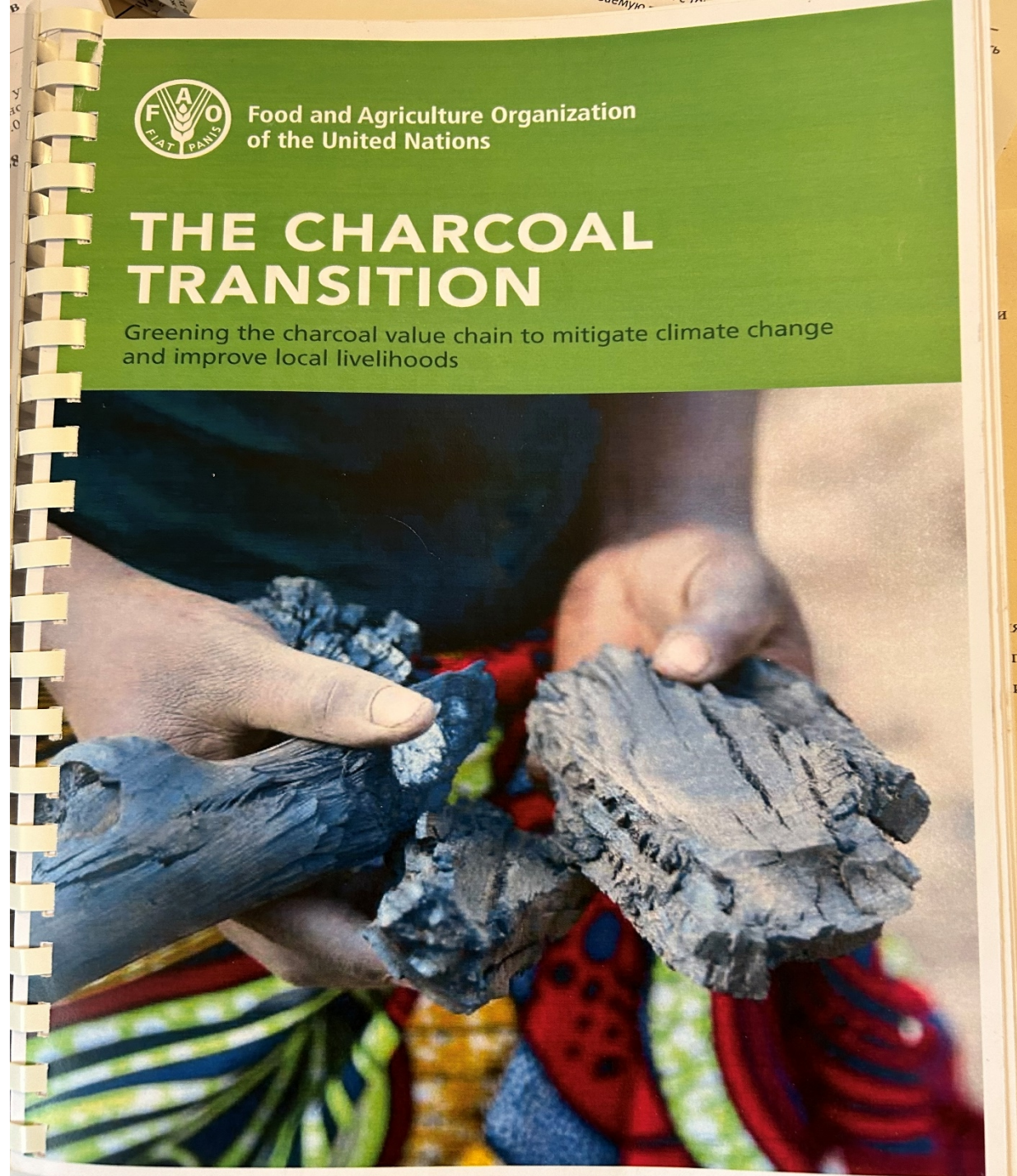
Год	Мир	Африка, Млн. м³	<i>Африка, % от мира</i>	Америка	Азия	Европа	Океания
2000	1795	551	<i>30,7</i>	314	808	109	13
2005	1825	600	<i>32,9</i>	300	792	123	11
2010	1864	644	<i>34,5</i>	290	764	155	11
2015	1901	679	<i>35,7</i>	307	735	169	10
2020	1927	713	<i>37,0</i>	327	708	169	10
2021	1950	720	<i>36,9</i>	345	698	176	10
2022	1967	728	<i>37,0</i>	355	695	180	10

Глобальное производство древесного угля, миллионы тонн
(По данным МЭА [Global Bioenergy Statistics Report, 2024])

Год	Мир	Африка, млн. т	Африка, % от мира	Америка	Азия	Европа	Океания
2000	37	20	54,0	10	7	0,30	0,04
2005	44	24	54,5	11	8	0,51	0,03
2010	46	28	60,9	9	9	0,57	0,04
2015	51	32	62,7	9	9	0,58	0,04
2020	54	35	64,8	9	9	0,63	0,04
2021	56	36	64,3	10	9	0,61	0,04
2022	57	37	64,9	10	9	0,57	0,04

Африка является особым объектом внимания ФАО ООН.

**Именно в Африке
древесный уголь
является основным
средством
приготовления пищи,
однако технология его
изготовления остается
первобытной.**



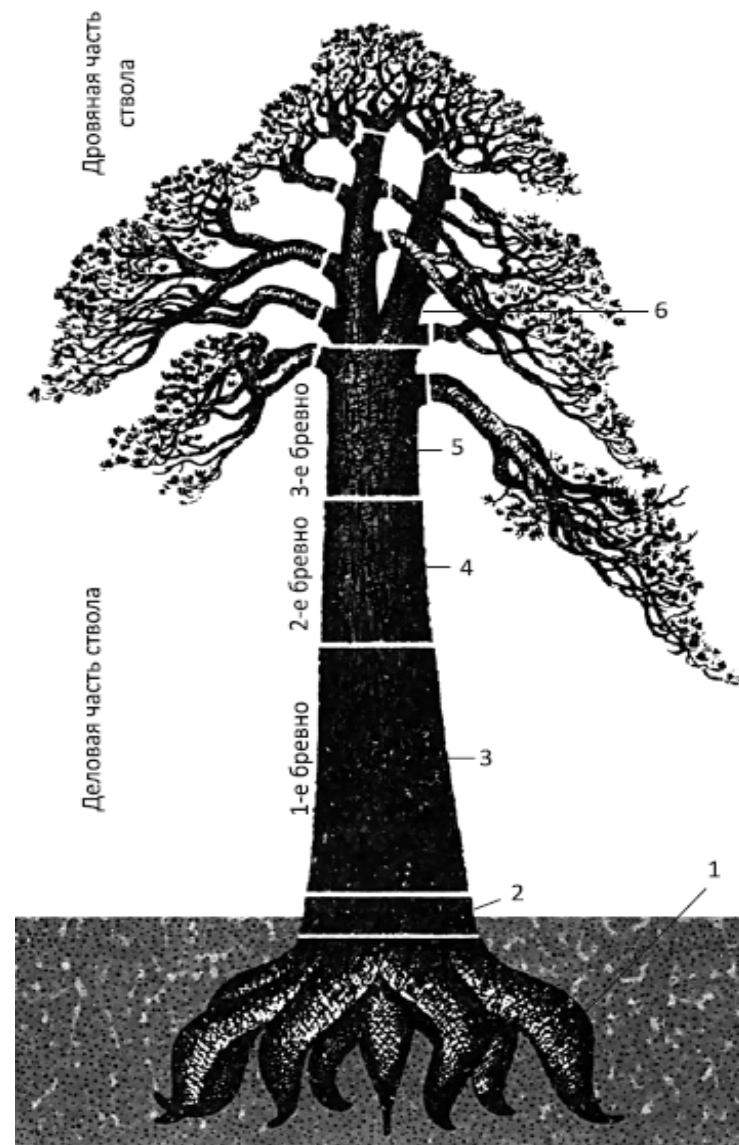
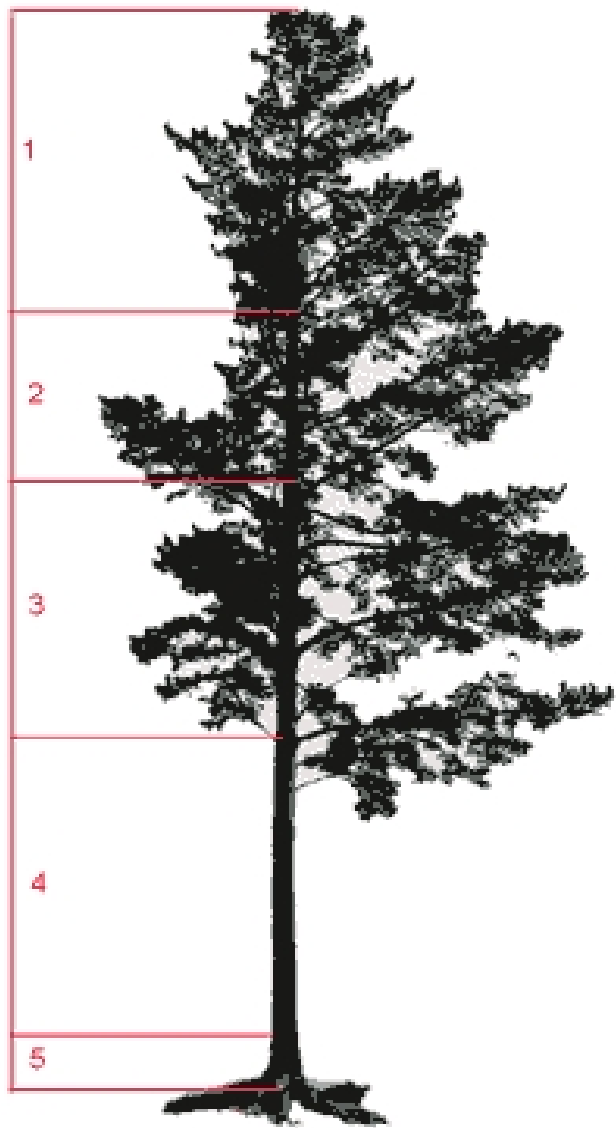
Биочар в Западной Европе

В последние годы в Западной Европе и в США резко возрос интерес к биоугля («биочару»). Это обусловлено не только уникальными энергетическими, восстановительными и сорбционными свойствами древесного угля и активированного древесного угля, но и тем, что он рассматривается и как самостоятельный путь консервации углерода.

В 2023 году мощности по производству биоугля в Западной Европе выросли до 75 000 тонн - на 41 процент больше, чем в 2022 году, и, в 2024 году выросли до 115 000 тонн биоугля; к 2030 году совокупное количество установок должно вырасти со 171 в 2023 году до 1 250, что соответствует темпу роста 33 процента. Трехлетний совокупный годовой темп роста (CAGR) с 2020 по 2023 год составил 54 процента, и, исходя из портфеля проектов на 2024 год, ожидается, что этот темп роста

Комплексное использование древесины

(1-ювенильная древесина; 2- балансовая древесина; 3,4 – деловая древесина; 5 – пень)



Части типичного заготовленного дерева

Часть дерева или продукт	Процентная доля (%)
Оставляемые в лесах	
Вершина, ветви и листва	23,0
Пень (исключая корни)	10,0
Опилки	5,0
Лесопиление	
Горбыль, кромки и обрезки	17,0
Опилки и мелкая щепка	7,5
Различные потери	4,0
Кора	5,5
Пиломатериалы	28,0
Всего	100,0

Сжигание лесосечных отходов в Иркутской области



Заросли салекса (ивняка) в загородной резиденции Короля Швеции

17 9 2009



CEWER - Confederation of European Waste-to-Energy Plants

CEWER - Конфедерация европейских заводов по переработке отходов в энергию, является зонтичной ассоциацией операторов заводов по переработке отходов в энергию, представляющей около 410 заводов из 23 стран. Они составляют более 80% отходов в энергетических мощностях в Европе.

Они термически обрабатывают бытовые и аналогичные коммерческие и промышленные отходы, которые остаются после предотвращения образования отходов, повторного использования и переработки, и вырабатывают из них энергию.

Наши члены обязуются обеспечивать высокие экологические стандарты, достигать низких выбросов и поддерживать современное производство энергии из оставшихся отходов, которые не могут быть

Recycling mill with Conventional process

Гармонизированный европейский метод лабораторных испытаний для создания параметров, позволяющих оценить пригодность к переработке бумажных и картонных изделий на заводах по переработке с использованием обычного процесса (часть I)

Бумага и картон — Метод лабораторных испытаний пригодности к переработке — часть I — Завод по переработке с использованием обычного процесса

СЕПИ, ВЕРСИЯ 3, ФЕВРАЛЬ 2025 Г.

ЦБП Китая в 2024 году

В Китае производство бумаги и картона бьёт рекорды. Согласно последним данным Национального бюро статистики, с января по декабрь 2024 года объём этой продукции составил **158,469 млн тонн**, что на 8,6% больше, чем в предыдущем году. Только за декабрь в стране произвели 14,409 млн тонн бумаги и картона, что на 4,9% больше, чем за аналогичный период 2023 года. При объёме мирового производства бумаги и картона около 450 миллионов тонн **доля Китая превышает 35%!!!**



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

UNECE

Circularity concepts in the pulp and paper industry



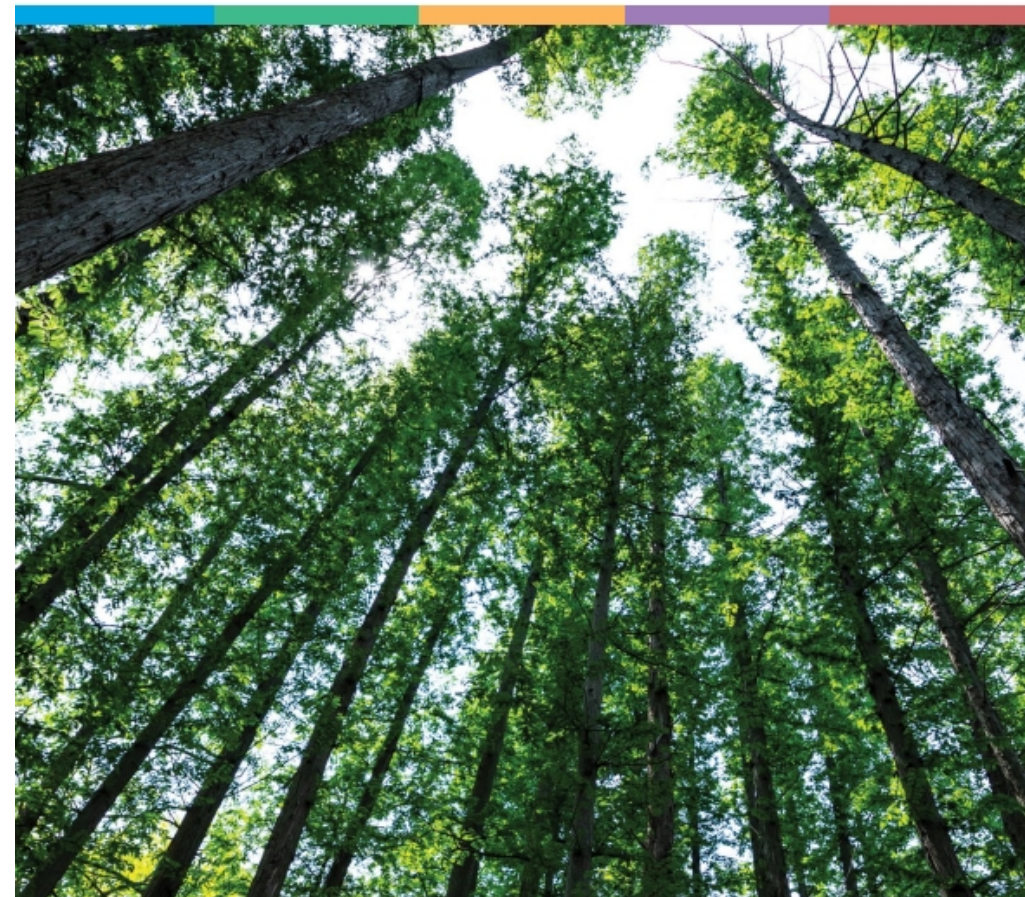
UNITED NATIONS



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

UNECE

Forest Products Annual Market Review 2023-2024



UNITED NATIONS

Geneva, 2024

ОКНО ВОЗМОЖНОСТЕЙ – ОТХОДЫ ЛПК

Большой проблемой для лесного сектора Ленинградской области стало закрытие экспорта на рынки Евросоюза:

до 2022 года туда экспортировали до 90% древесины. Остальные пиломатериалы реализовывали на внутреннем рынке, поставляя их деревообрабатывающим, целлюлозно–бумажным и лесохимическим предприятиям. При этом многие из них по сути были также иностранными компаниями. Например, Светогорский ЦБК, выпускающий бумагу под маркой SvetoCoru, на тот момент принадлежал крупной американской корпорации Sylvamo, большая фабрика мебели в Тихвине — шведской IKEA, лесопильные заводы — австрийской группе MM Holz и финской группе Metsa.

При этом все отходы древесины за бесценок скупали финские фирмы.

Из-за этих причин объём заготовки древесины в регионе в последние годы снижается: с 5,4 млн м³ в 2021 году до 3,7 млн в 2022–м и до 3,6 млн в 2023–м. В 2024 году статистики заметили некоторое оживление рынка. По оценкам Петростата, в январе–октябре 2024 оборот организаций в области лесоводства и лесозаготовки вырос на 24% и составил 12,4 млрд рублей по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Однако, о восстановлении отрасли пока говорить не приходится: за 10 месяцев 2021 года этот показатель составлял 19,1 млрд рублей. По оценкам комитета по природным ресурсам Ленобласти, объём заготовки древесины в 2024 году составит около 4 млн м³.

Именно на основе этих отходов реально в короткий срок организовать в СПб и ЛО производство древесного угля по инновационной технологии.

Композиционное биотопливо

В рамках Стратегического проекта «Создание новых видов биотоплива и новых видов био-разлагаемой упаковки» программы **«Приоритет 2036»** открываются новые направления «Создание новых видов композиционного биотоплива на основе совместной переработки древесных отходов и полимерных компонентов ТБО» и «Создание почвенного субстрата на основе совместной переработки ТБО мегаполиса, лесного комплекса и др. с использованием верми-технологии».

Для их реализации мы готовы создать Консорциум, включая ВШТЭ, НЭО, Комитет по экологии СПб, Комитет по природным ресурсам Ленобласти, ЦЭПЛ РАН, ИХФ РАН, Светогорский ЦБК и др.

Научное и организационное руководство осуществляет Координационный Совет.

Молодёжную поддержку осуществляют международный Бюс-Форум и

«Коммерсантъ» 25.10.2017, 19:47

«Грязь большого города»

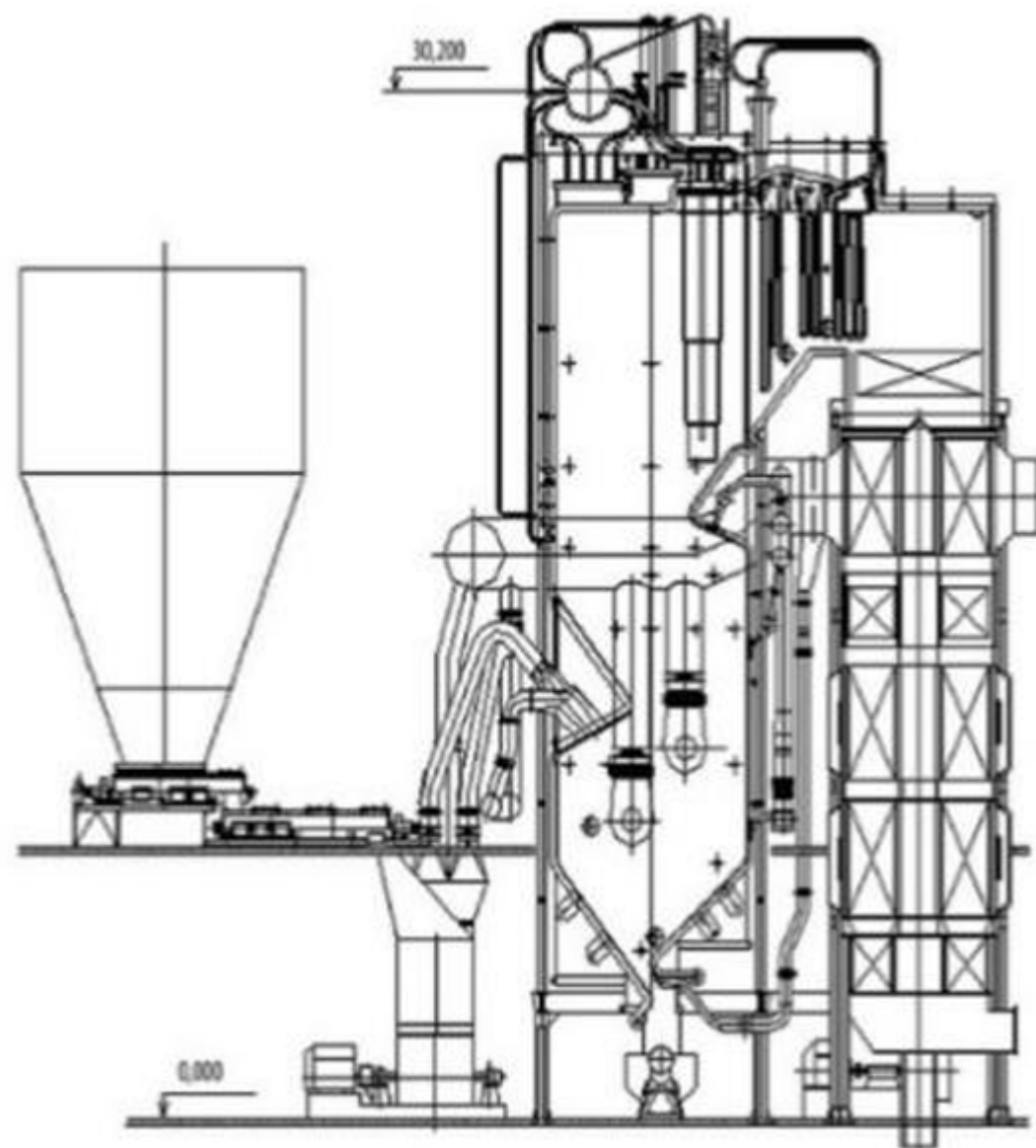
Спецпроект “Ъ”

- на полигонах происходят возгорания, приводящие к выбросам в атмосферу диоксинов, тяжелых металлов и других токсичных веществ;
- из-за того, что мусор в процессе перевозки перемешивается, выделить из него на свалке для дальнейшей переработки удастся не более 2-3% вторсырья;
- Часть вторая — о том, почему перспективы строительства мусоросжигательных заводов в России по европейскому образцу не вызывают энтузиазма ни у чиновников, ни у экспертов, ни у жителей.

«РТ-инвест» свои аргументы. В компании ссылаются на многолетний опыт развитых стран, где мусоросжигательные заводы существуют более 20 лет, и утверждают, что это наиболее простой и быстрый способ справиться с мусором. Всю необходимую инженерно-техническую экспертизу для реализации проекта «РТ-инвест» должна предоставить японско-швейцарская компания Hitachi Zosen Innova AG. Поскольку Швейцария не является членом ЕС, нет риска, что ее комплектующие подпадут под европейские санкции в отношении России

Из всех производств по переработке и утилизации ТКО мусоросжигательные заводы самые дорогие — и в строительстве, и в эксплуатации. Срок инвестиционной окупаемости проекта определен в 15 лет. Срок службы заводов довольно ограниченный: в европейских странах в условиях раздельного сбора мусора — это 25 лет, в России — меньше: 15–20 лет. К этому надо прибавить необходимость в создании дорогостоящей инфраструктуры для хранения высокотоксичной золы.. 33,8 млрд руб. — приблизительная стоимость строительства одного МСЗ в

Рост эффективности сжигания древесины



Annual Report 2023

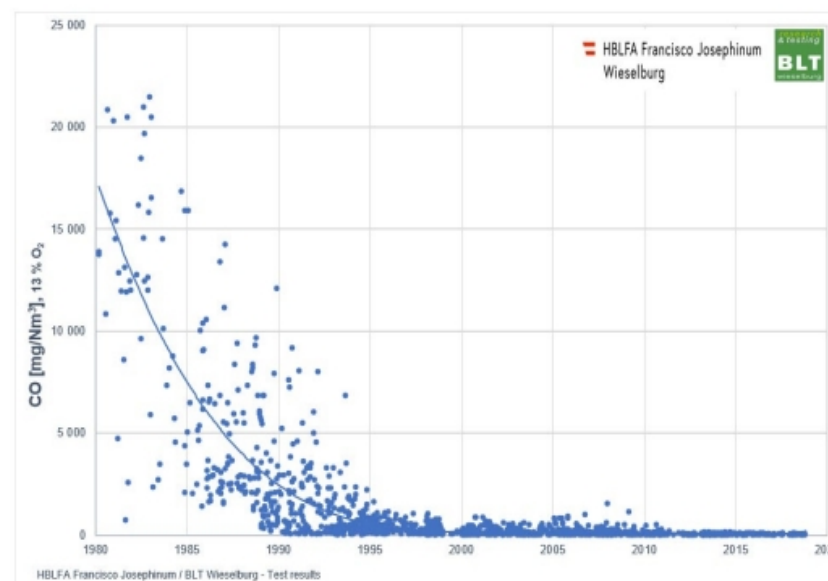
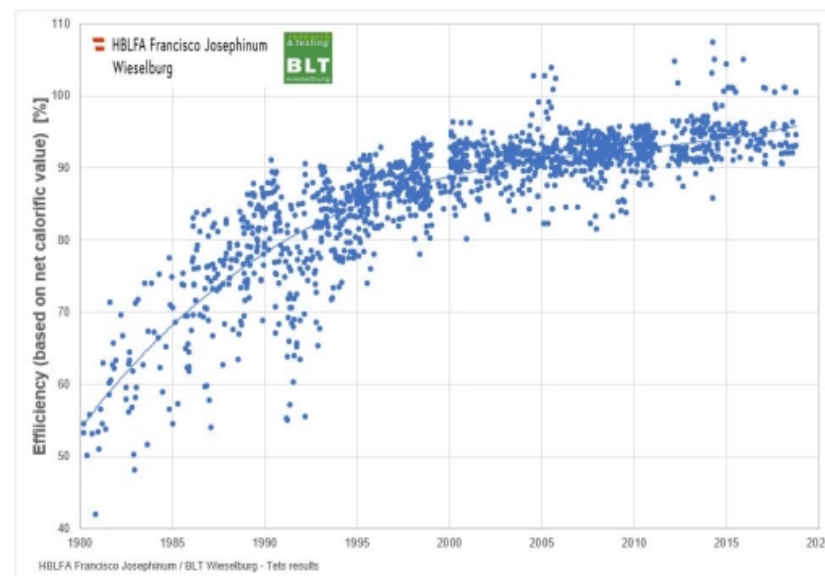


Figure 8: Throughout the last 40 years, increased understanding of combustion process with manufacturers of automatic boilers has led to significantly better performance, with higher efficiency and lower emission of CO (data from type testing at Josephinum Wieselburg).

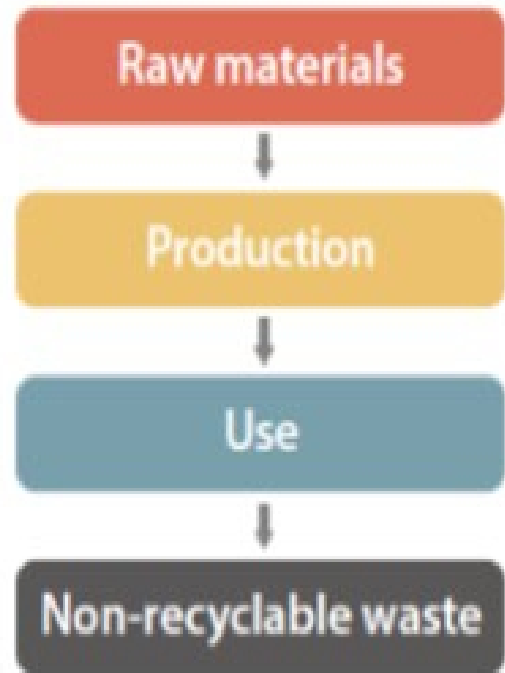
Циркулярная экономика – принцип 3R

Три основополагающими принципами, тремя «R» устойчивости, которые больше относятся к экономике повторного использования являются:

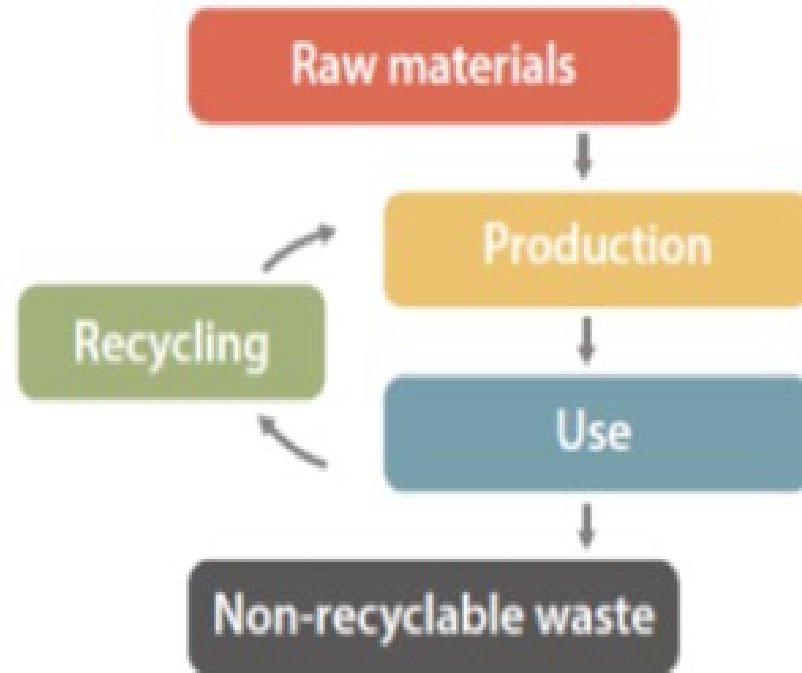
- сокращение – **reducing** - использование минимального объема сырья;
- повторное использование – **reusing** - максимальное повторное использование продукции);
- рециркуляция – **recycling** - высококачественное повторное использование рекуперируемого сырья).

Однако в системе замкнутого цикла необходимо обеспечивать не только надлежащую рециркуляцию материалов, но и высокое качество получаемой продукции и сырья. Количество и последовательность элементов в «R»-подходе, соответственно, изменились и появился

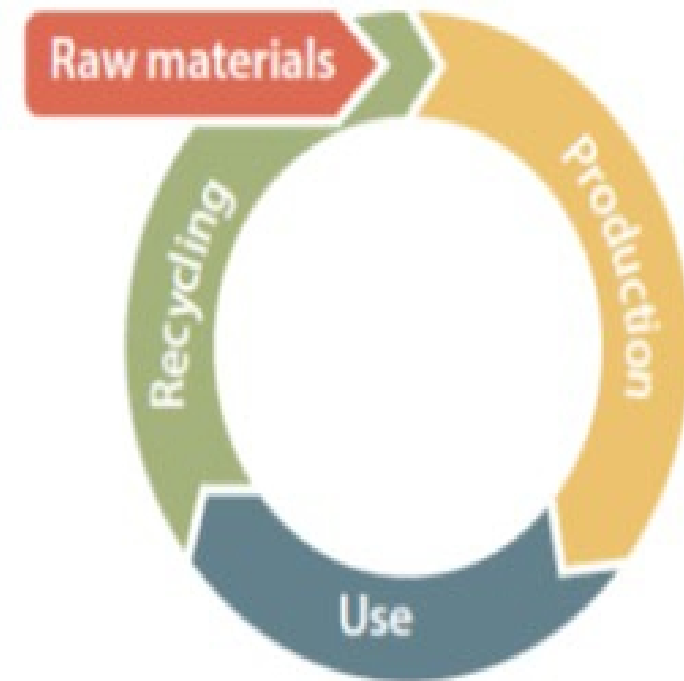
LINEAR ECONOMY



REUSE ECONOMY



CIRCULAR ECONOMY



ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ СЕКТОР ЕВРОПЫ В 2024 ГОДУ ПОКАЗАЛ УСТОЙЧИВОСТЬ

Европейская ассоциация целлюлозно-бумажной промышленности Cere опубликовала отчет на основе предварительных статистических данных о работе отрасли в 2024 г. Этот год, согласно отчету, был положительным для сектора. Однако надвигающиеся глобальные торговые войны, геополитическая нестабильность и новая энергетическая и промышленная политика ЕС, которая будет представлена в этом месяце, содержат потенциал сильного воздействия на работу сектора.

Потребление бумаги и картона в 2024 г. увеличилось на 7,5%, а производство выросло на 5,2% после двухлетнего спада. Сектор превзошел мировых конкурентов, а мировое производство бумаги и картона также восстанавливается.

Это лишь частично компенсирует негативную тенденцию 2023 года, когда производство упало на 13%, и сейчас остается на гораздо более низком уровне, чем до пандемии Covid. Отражая эти тенденции, использование бумаги для вторичной переработки (PfR) в 2024 г. увеличилось на 4,1% после двух последовательных лет спада, но все еще остается ниже пикового значения 2021 г. Однако использование PfR находится на гораздо более высоком уровне, чем в начале 2000-х годов, увеличившись на 5 млн т за этот период, несмотря на снижение потребления и производства. В зависимости от показателей переработки в секторе, рост был в основном обусловлен упаковкой, двигателем роста в течение последних десятилетий. Производство упаковочных сортов, которые являются крупными потребителями бумаги для вторичной переработки, увеличилось на 6,5% по сравнению с 2023 г. Сейчас на них приходится почти две трети общего объема производства бумаги и картона – 63,0%.

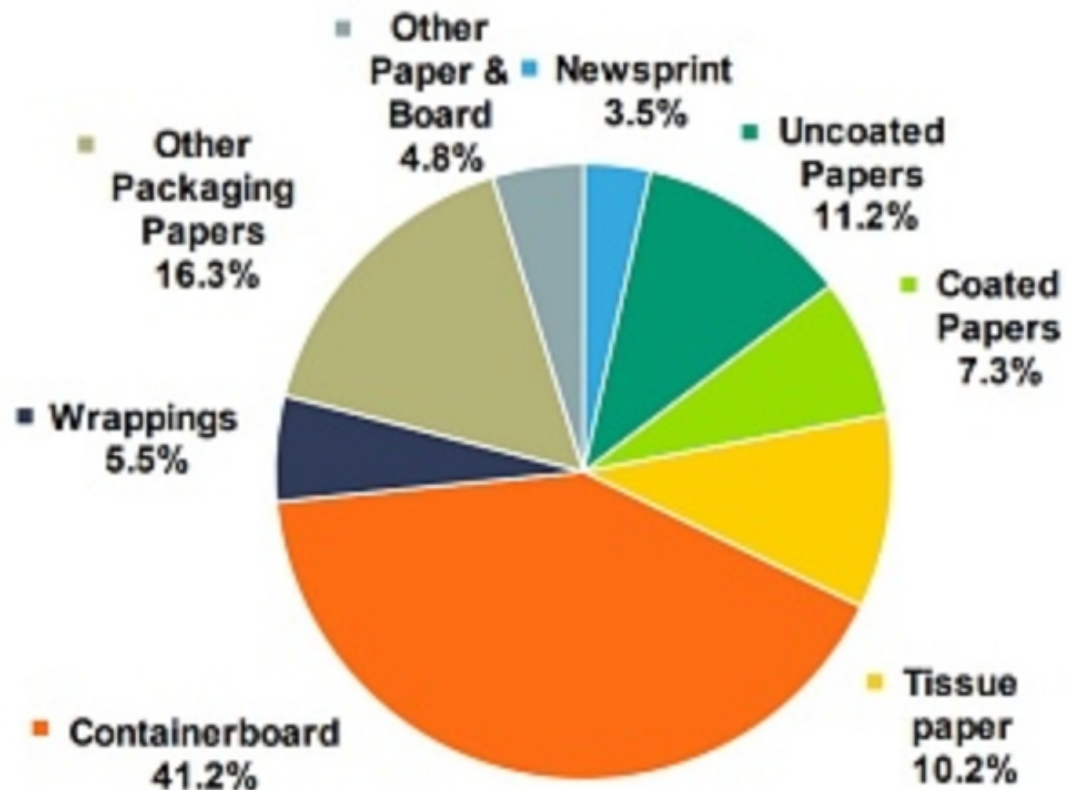
Спрос на графическую бумагу, которая включает газетную бумагу, а также бумагу для печати и письма, в 2024 г. увеличился на 5,2%, что стало первым годом роста с 2010 г. Спрос на папиросную бумагу восстановился с темпом роста 5,8%. Цены на энергоносители остаются в два раза выше, чем до кризиса Covid, что сказывается на конкурентоспособности европейской промышленности, особенно на самых энергоёмких сортах.

Высокие производственные затраты, включая стоимость энергии, в настоящий момент находятся в центре европейских дебатов, так как Еврокомиссия готовит к публикации новые документы, разъясняющие ее планы по восстановлению конкурентоспособности производственного сектора и стимулированию экономики замкнутого цикла и биоэкономики в контексте, когда темпы роста Европейского союза упорно остаются ниже среднего показателя других развитых экономик. Производство во всех производственных секторах ЕС по-прежнему на 10% ниже, чем в 2021 г., и целлюлозно-бумажная промышленность не является исключением.

По мере усиления торговой напряженности важно помнить, что ЕС и США были крупными торговыми партнерами, извлекая выгоду из относительно стабильной среды без импортных пошлин с обеих сторон в течение последних 20 лет. Хотя ЕС импортирует из США много целлюлозы, он экспортирует много бумаги и картона. Общий объем экспорта увеличился в 2024 г., в торговле с Северной Америкой он вырос на 16,8%. Экспорт составил 21% производства бумаги и картона в 2024 г., а глобальный торговый баланс Европы по целлюлозе и бумаге является безусловно положительным, что делает

Структура производства бумаги и картона в странах СЕПИ в 2024 году

Production of paper and board by grade
in Ceperi countries in 2024

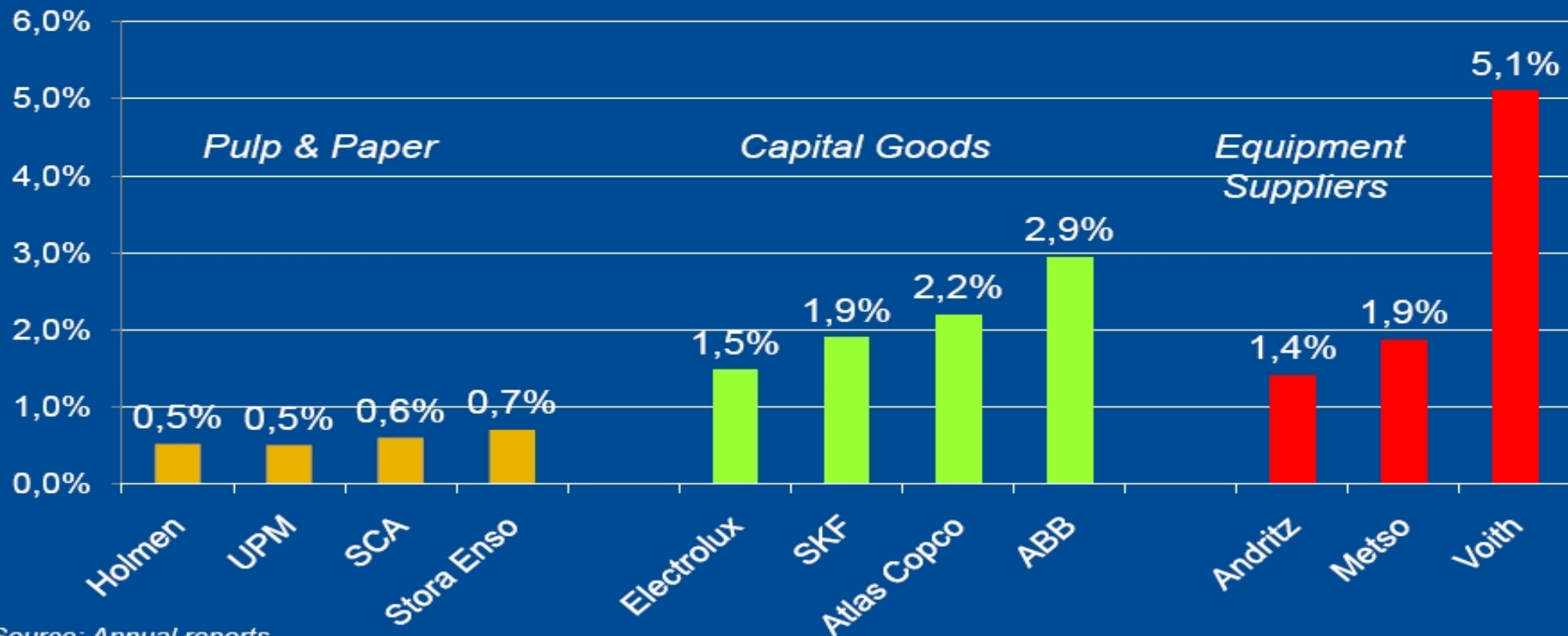


Комплексные проекты ВШТЭ

- Проект «Лиственница» с Группой «Илим» по 218 Постановлению Правительства РФ 2010-2014гг, продолжение – Усть-Илимский ЦКК -2024 год.
- Проект с ЕЭК ООН «Развитие производства и применения биотоплива в РФ» -
с 1999 года по н/в.
- Обеспечение технологического суверенитета РФ при производстве офисной бумаги в 2022-2024 гг. как важнейшей части цифровизации экономики (2022-2024).
- «Приоритет 2030» «Создание новых видов биоразлагаемой упаковки».
- Хоздоговора с предприятиями отрасли по обеспечению технологического суверенитета при производстве новых видов продукции на Светогорском

R&D investments

2008 R&D % of sales



Source: Annual reports



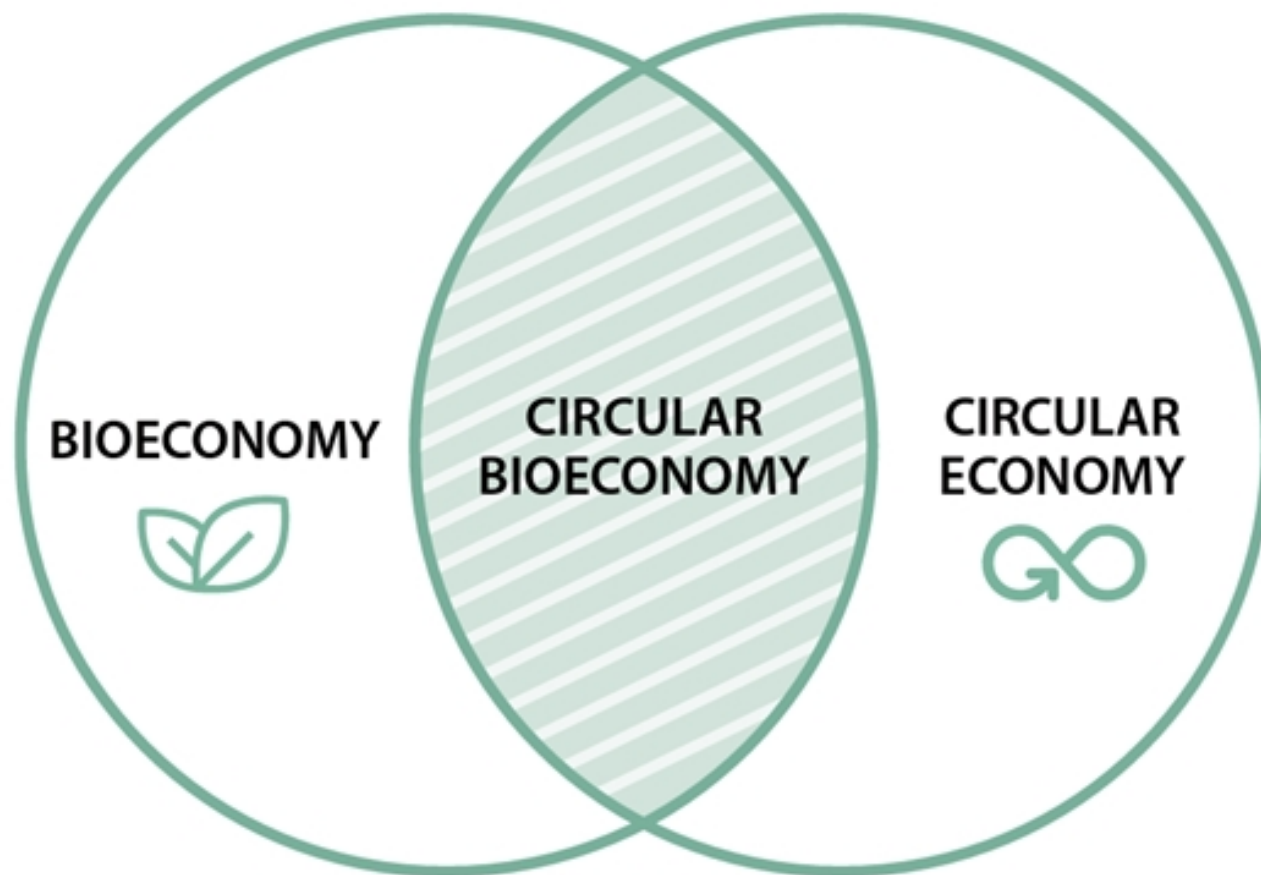
The Pulp & Paper industry invests significantly less in R&D than its Equipment suppliers and the Capital Goods industry

MWP

Экономика замкнутого цикла относится к широкому кругу материалов и процессов как в техническом, так и в биологическом цикле экономики. Существует частичное совпадение между экономикой замкнутого цикла и биоэкономикой. Экономика замкнутого цикла нацелена на устойчивые и ресурсосберегающие процессы, а биоэкономика расширяет возможности замены ископаемых, не возобновляемых и не биоразлагаемых материалов возобновляемыми и биоразлагаемыми. Синергия этих двух концепций выражается в термине «биоэкономика замкнутого цикла», которую можно определить как сумму всех видов деятельности, которые преобразуют биомассу для использования в различных потоках продукции, таких как материалы, химикаты, биотопливо и продукты питания (ЕЭК ООН, 2022 г.)

Циркулярная модель биоэкономики

A circular bioeconomy.

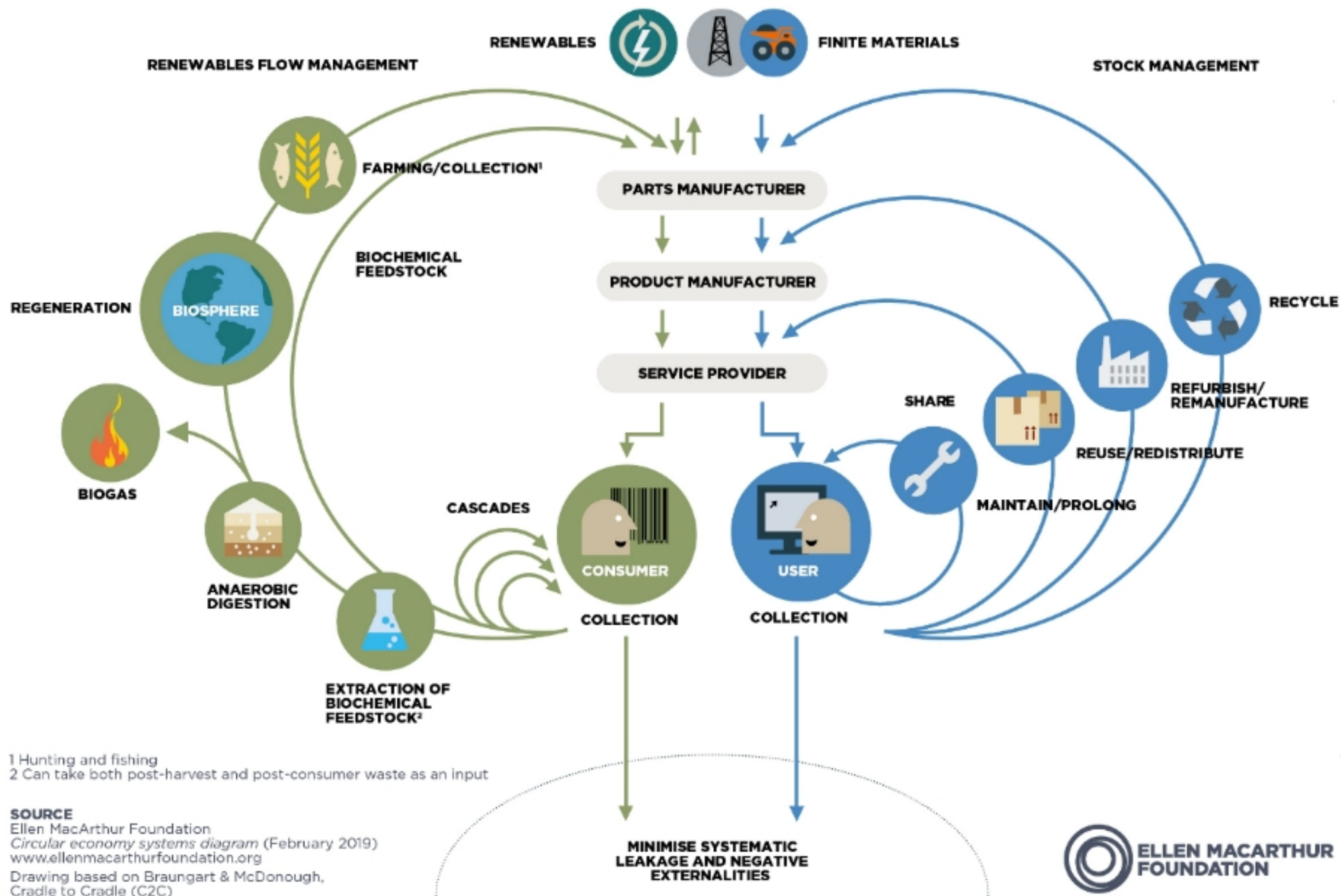


Source: UNECE/FAO, adapted from Newton (2017).

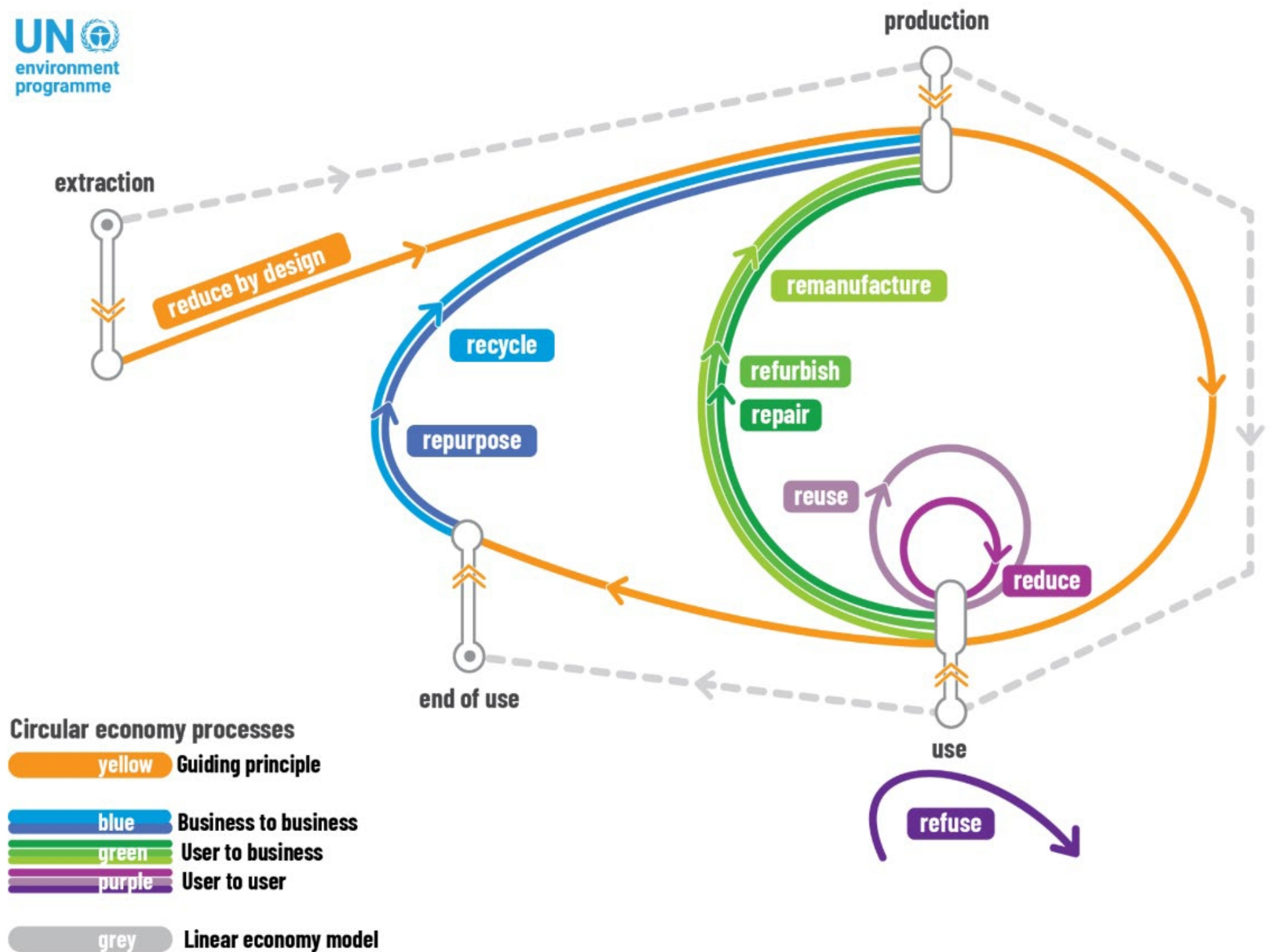
«3R» -подход и «9R»-подходы

Несмотря на большое разнообразие элементов того, что многие считают циркулярностью, в большинстве определений циркулярной экономики основное внимание уделяется **использованию материалов и преобразованию системы:**

а) определения, в которых акцент делается на использование материалов, обычно строятся на трех основополагающих принципах, каковыми являются: **сокращение (reducing)** (использование минимального объема сырья), **повторное использование (reusing)** (максимальное повторное использование продукции) и **рециркуляция (recycling)** (высококачественное повторное использование рекуперированного сырья). Эти принципы также называют тремя «R» устойчивости или **«3R»-подходом**; Перепрофилирование (Repurpose),



1 Hunting and fishing
 2 Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input



Циркулярная экономика - «9R»-

**«9R»-подход, в рамках которого
акцент делается и на использование
материалов, и на преобразование
системы.**

ПОДХОД

Девятью «R» являются:

- 1. Отказ**
- 2. Переосмысление**
- 3. Сокращение**
- 4. Повторное использование**
- 5. Ремонт**
- 6. Восстановление**
- 7. Использование для
производства аналогичной
продукции**

- 1. Refuse**
- 2. Rethink**
- 3. Reduce**
- 4. Re-use,**
- 5. Repair**
- 6. Refurbish**
- 7. Remanufacture**
- 8. Repurpose**

Твердое биотопливо второго и третьего поколения

Производство и использование пеллет и брикетов связывают с климатической нейтральностью и переходом к ней.

Данное производство стоит на стыке ряда научных дисциплин и строится на последних достижениях таких направлений науки, как теплоэнергетика и химия древесины, физикохимия и механика полимеров, информатика, проблемы форсайта, глобальной торговли и международных соглашений.

В Организации Объединенных наций проблемы Лесного комплекса и биотоплива отнесены к компетенциям Лесного Комитета, ФАО ООН и ЕЭК ООН.

Объемы производства опытно-промышленных и промышленных линий по производству био-топлива второго и третьего поколения

Предприятие	Год пуска	Выпуск по углю	Мощность по углю, тонн/год	Выпуск брикетов, тонн	Мощность по брикетам, тонн/год	Выпуск пеллет, тонн	Мощность по пеллетам, тонн/год
Качуг	2015	11 000	2000	2 000	10 000		
Лесозаводск	2018	3 000	2000	20 000	10 000		
Братск	2019					110 000	30 000
Кокнесс	2021	2 000	4000	15 000	15 000		
Меленки	2021/2023	500	4000	5 000	10 000		
Всего			12 000		45 000		

После уборки риса в некоторых штатах Индии образуется около **30 млн т** растительных отходов, из них **19 млн т — в Пенджабе**.



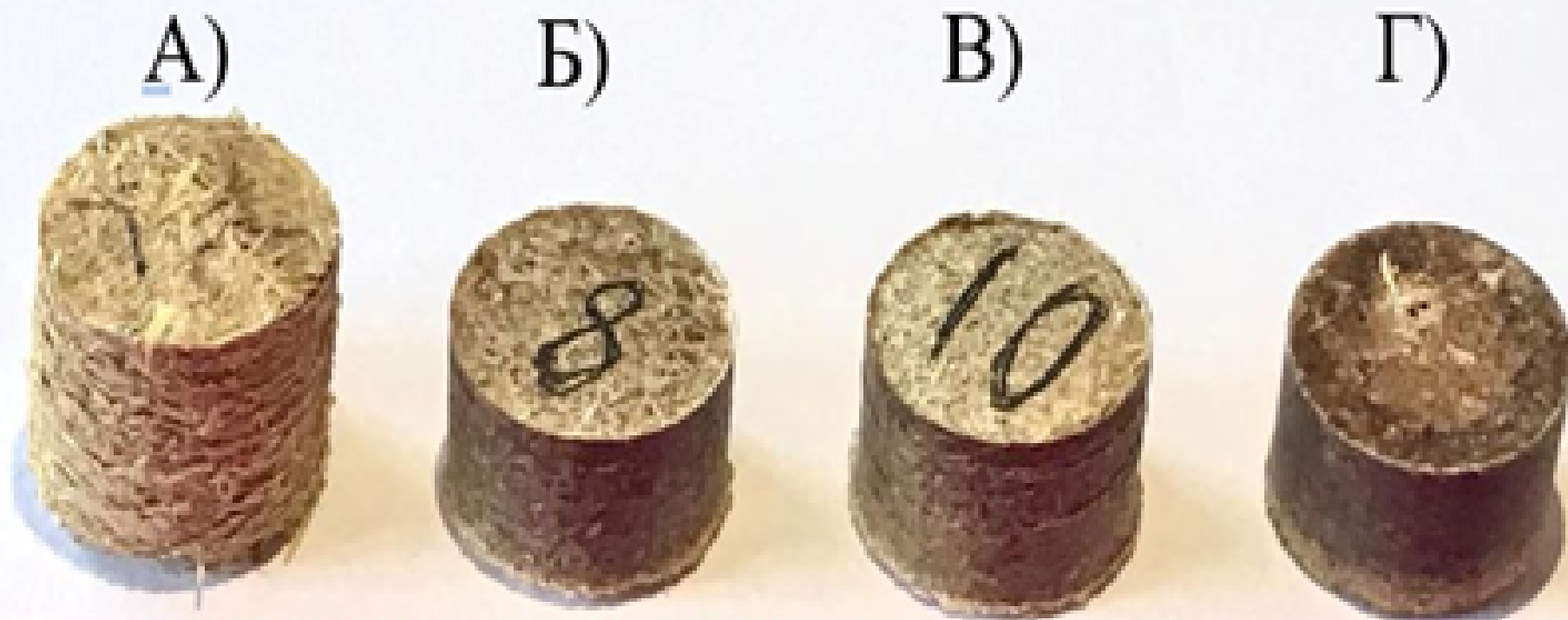
Почти половина из них **сжигается на полях**, создавая огромную экологическую проблему.

Мы предлагаем инновационную технологию **производства соломенно-древесных брикетов** путём одновременной переработки в местах скопления растительных и древесных отходов.



При этом продукты перерабатываются в угольные брикеты, которые могут быть **использованы** как восстановитель в индийской **металлургической промышленности**.

Брикеты из смеси рисовой соломы и опилок



Наше предложение для Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности

С учётом образования в мегаполисе огромного количества древесных отходов и вторичной древесины, в соответствии с принципами каскадного использования древесины и мировым опытом перехода к циркулярной био-экономике,

перепрофилировать строящийся мусороперерабатывающий завод «Островский» в Выборгском районе Ленобласти на экологически безопасное производство биотопливо третьего поколения – «биочар»а и почвенного субстрата, подготовленного с использованием вермитехнологий.

ВШТЭ готова взять на себя научное сопровождение данного проекта.

Одновременно будет снята и возникшая социальная напряженность вокруг строительства в зоне питьевого водоснабжения Карельского