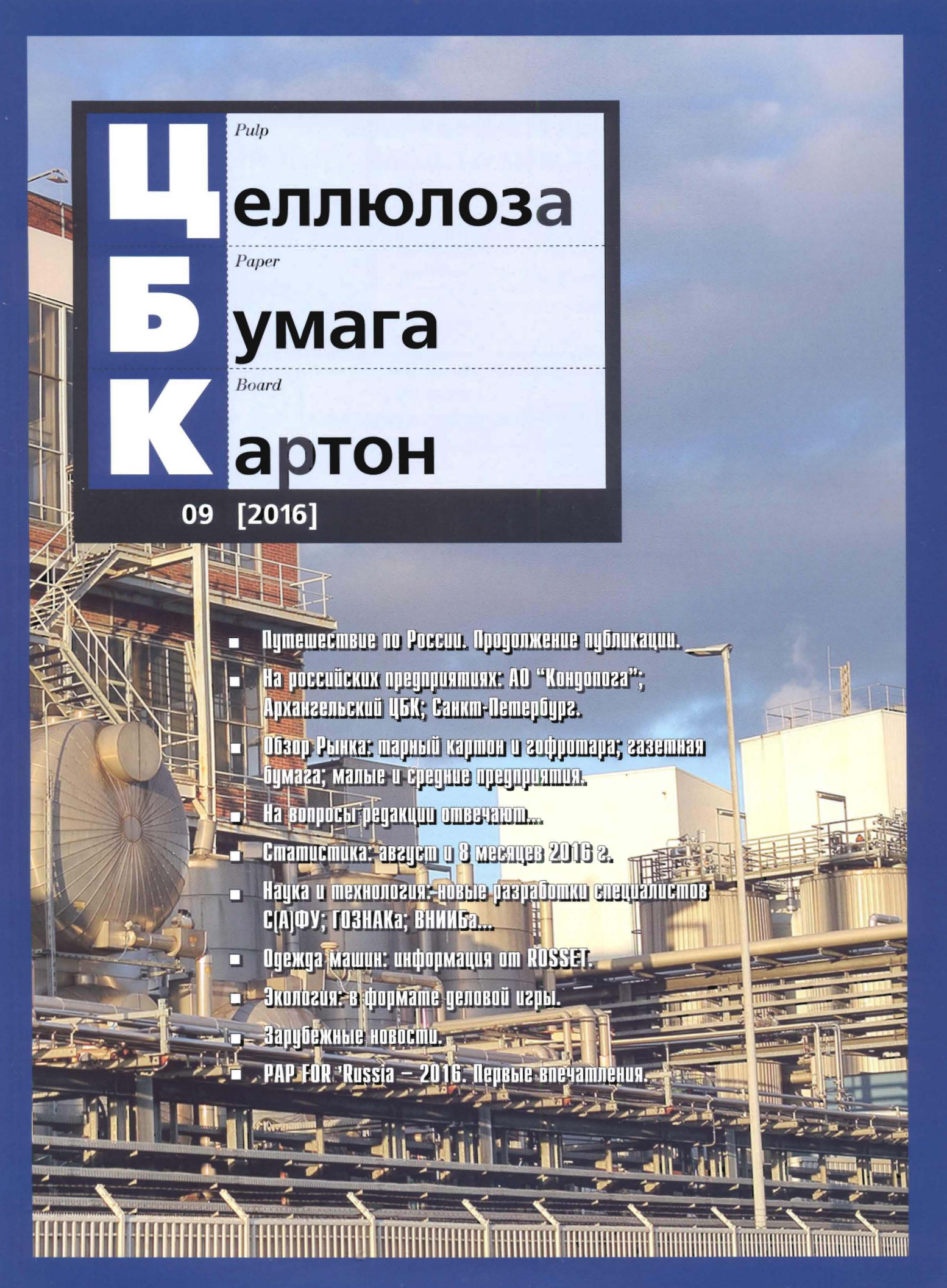




# Ц

*Pulp*

# еллюлоза

# Б

*Paper*

# умага

# К

*Board*

# артон

09 [2016]

- Путешествие по России. Продолжение публикации.
- На российских предприятиях: АО "Кондопога"; Архангельский ЦБК; Санкт-Петербург.
- Обзор Рынка: тарный картон и гофротара; газетная бумага; малые и средние предприятия.
- На вопросы редакции отвечают...
- Статистика: август и 8 месяцев 2016 г.
- Наука и технология: новые разработки специалистов С(А)ФУ; ГОЗНАКа; ВНИИБа...
- Одежда машин: информация от ROSSET.
- Экология: в формате деловой игры.
- Зарубежные новости.
- PAP FOR Russia – 2016. Первые впечатления.

УДК 502.3+664.61

# Оценка жизненного цикла тарного картона

Ю. А. Князева, Л. Г. Махотина,  
Высшая школа технологии и  
энергетики Санкт-Петербургского  
государственного университета  
промышленных технологий и  
дизайна (ВШТИЭ СПбГУ ПТД),  
А. Кутнар, Приморский  
университет, факультет  
математики, кафедра  
естественных наук и  
информационных технологий,  
Э. Л. Аким, ВШТИЭ СПбГУ ПТД

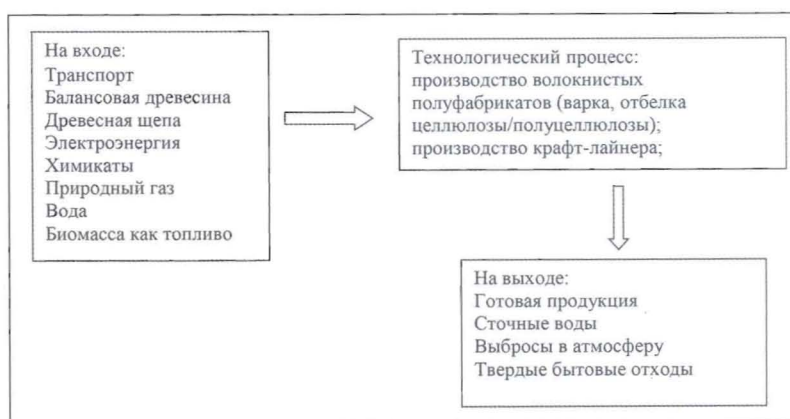


Рис. 1. Входные и выходные данные на стадии производства тарного картона.

Как отмечалось в предыдущей статье, Российская ЦБП имеет четко выраженный экспортно-ориентированный характер. При этом в мировых потоках ЦБП России позиционируется как поставщик «северных армирующих хвойных волокон» и как поставщик картона и бумаги из первичных волокон. Важнейшим импортером российской продукции по праву считается Китай. Как известно, Китай сегодня самый крупный потребитель вторичного волокна – как собственного, так и импортируемого. Импорт из России изготовленного из первичных волокон тарного картона, наиболее востребованного из всех видов материалов для упаковки, вносит существенный вклад в повышение кратности использования вторичного волокна, т. е. удлинит весь жизненный цикл продукта и существенно

снижает общее воздействие упаковки на окружающую среду.

В предлагаемой работе представлена попытка провести оценку жизненного цикла (ОЖЦ) тарного картона, осуществить анализ первых этапов (стадий). Как отмечалось выше, упаковка из бумаги и картона является экологически чистым материалом и легко подвергается биоразложению или вторичной переработке. Поскольку основное отрицательное воздействие на окружающую среду может оказать собственно получение картона, в этой работе при анализе жизненного цикла рассматривали только воздействие стадий производства волокнистых полуфабрикатов и картона.

ОЖЦ может содействовать в:

- идентификации возможностей улучшения экологической результативности продукции на различных

этапах ее жизненного цикла, например, для стратегического планирования, установления приоритетов, проектирования;

- при выборе существенных показателей экологической результативности, включая выбор методов измерения;

- при проведении маркетинга (например, при внедрении схемы экологической маркировки, представлении экологических заявлений или экологической декларации).

**Методическая часть.** Оценку воздействий жизненного цикла тарного картона проводили в соответствии с требованиями **Федерального закона №184-ФЗ от 27.12.2002 г. «О техническом регулировании»** (в редакции Федерального закона № 65-ФЗ от 01.05.2007 г.) и ГОСТ Р ИСО 14044-2007. Экологический менеджмент. Оценка

жизненного цикла. Требования и рекомендации, который идентичен международному стандарту ISO 14044:2006 [2, 5, 8].

В соответствии со стандартом, исследование посредством ОЖЦ включает в себя четыре стадии:

- определение цели и области исследования;

- инвентаризационный анализ;
- оценку воздействия;
- интерпретацию.

Все 4 фазы взаимосвязаны, отдельные этапы ОЖЦ используют результаты других этапов [2].

**На первой стадии** были определены области исследования. Объектами исследования были выбраны плоские слои гофрокартона, производимые из первичного волокна, поскольку именно технология составляющих тарного картона оказывает основную нагрузку на окружающую среду:

- крафт-лайнер, состоящий из смеси небеленой сульфатной целлюлозы и полуцеллюлозы, проклеенный в кислой среде канифольной дисперсией;

- топ-лайнер, у которого основной слой состоит из смеси небеленой сульфатной целлюлозы и полуцеллюлозы, а верхний слой из беленой сульфатной целлюлозы, проклеенный в кислой среде канифольной дисперсией;

- крафт-лайнер с меловальным покрытием, состоящий из смеси небеленой сульфатной целлюлозы и полуцеллюлозы, проклеенный в кислой среде канифольной дисперсией.

**На второй стадии** провели количественную оценку входных/выходных потоков на всех стадиях производства лайнера. Был осуществлен сбор первичных данных по используемым химикатам, электроэнергии, пару, затраченных на производство волокнистых полуфабрикатов и картона, а также других неотъемлемых этапах производства различных видов лайнера. Первичные данные по волокнистым полуфабрикатам и химикатам были собраны на ведущих российских целлюлозно-бумажных предприятиях.

Таблица 1.

**Результаты расчетов показателей категорий воздействия для различных видов тарного картона**

| Виды тарного картона                            | Характеристический коэффициент (на тонну готовой продукции) |                                                 |                                                           |                                                                                    |                                           |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                 | Потенциал закисления, кг-экв. SO <sub>2</sub>               | Потенциал эвтрофикации, кг-экв. PO <sub>4</sub> | Потенциал глобального потепления, кг-экв. CO <sub>2</sub> | Потенциал фотохимического образования озона, кг-экв. C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | Потенциал истощения озона, кг-экв. ХФУ-11 |
| Крафт-лайнер                                    | 25                                                          | 9                                               | 2374                                                      | 2                                                                                  | 22×10 <sup>-5</sup>                       |
| Топ-лайнер с верхним слоем из беленой целлюлозы | 26                                                          | 11                                              | 3167                                                      | 2                                                                                  | 21×10 <sup>-5</sup>                       |
| Мелованный крафт-лайнер                         | 28                                                          | 9                                               | 2804                                                      | 2                                                                                  | 24×10 <sup>-5</sup>                       |

**На третьей стадии** провели количественную оценку воздействий жизненного цикла различных видов лайнера на окружающую среду. Для количественной оценки воздействий жизненного цикла в настоящее время разработаны различные методологии и программное обеспечение. В данной работе для обработки первичных данных использовали программу **SimaPro v 8.0.2** — программный продукт, который постоянно редактируется и расширяется, обладающий всеми функциями для проведения оценки воздействия жизненного цикла продукции, полученной в различных областях промышленности и, в частности, целлюлозно-бумажной. Используя специальные свойства программы SimaPro: многочисленные методы оценки воздействия, базы данных процессов, автоматический перевод единиц и др., можно проследить вклад каждого из этапов жизненного цикла.

**На четвертой стадии** для интерпретации воздействия жизненного цикла различных видов лайнера на окружающую среду были выбраны критерии и индикаторы экологической устойчивости.

За последние годы было разработано множество методов оценки воздействия на протяжении жизненного цикла (ABC-анализ, метод экопунктов,

модель критических объемов загрязнения, EPS-метод, MIPS-метод, KEA-метод, метод токсических эквивалентов, словесно-аргументная оценка, метод экоиндикаторов и др.) [3, 6, 7].

В рамках настоящего исследования был выбран метод CML 2000, основанный на исследовании Guinée (2002) [4]. Этот метод рекомендует следующие основные категории воздействия для всей оценки жизненного цикла [7]:

- Глобальное изменение климата;
- Закисление почв, воды;
- Эвтрофикация водоемов;
- Фотохимическое образование озона;
- Разрушение озонового слоя.

## Аналитическая часть

Рассмотрим анализ жизненного цикла тарного картона. На **рис. 1** представлены данные, которые были включены в анализ воздействия этапов жизненного цикла тарного картона на окружающую среду.

В качестве исследуемых видов тарного картона были выбраны крафт-лайнер, топ-лайнер с верхним слоем из беленой целлюлозы и мелованный крафт-лайнер. Результаты по оценке

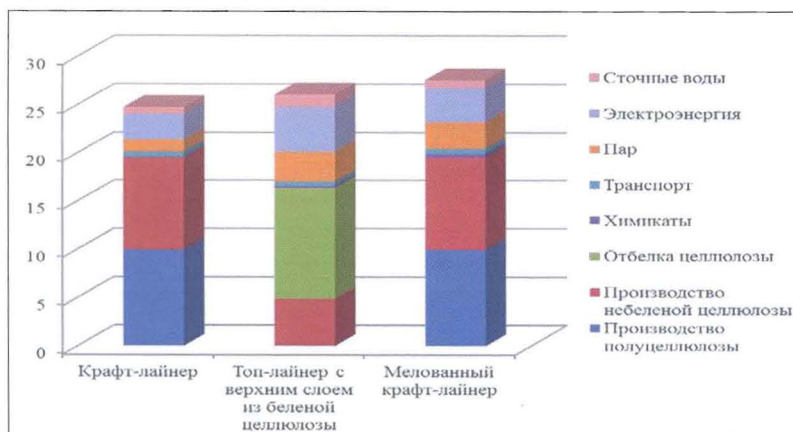


Рис. 2. Вклад основных стадий производства тарного картона в потенциал закисления (ПЗ), кг-экв.  $\text{SO}_2$  / т картона.

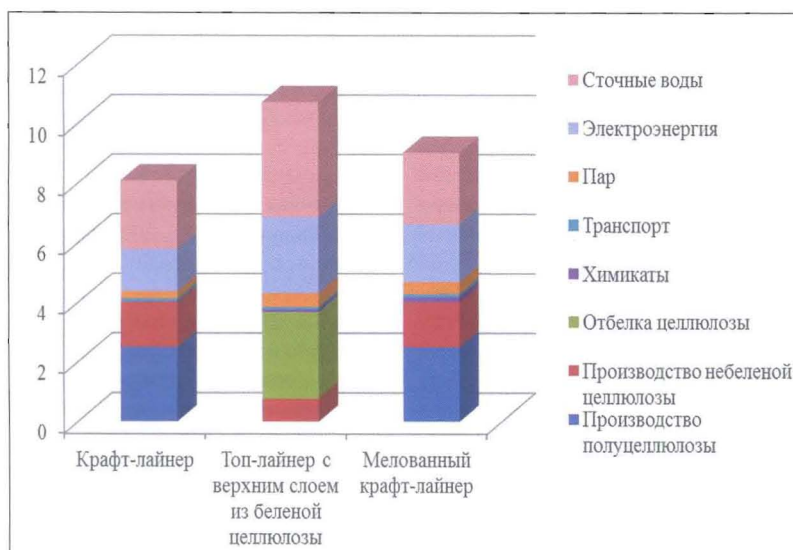


Рис. 3. Вклад основных стадий производства тарного картона в потенциал эвтрофикации (ПЭ), кг-экв.  $\text{PO}_4$  / т картона.

воздействия на окружающую среду при производстве тарного картона представлены в табл. 1.

Анализ полученных данных показал, что производство всех видов лайнера оказывает различное воздействие на окружающую среду. Наибольшее воздействие наблюдается на потенциал глобального потепления (потенциал создания парникового эффекта).

Сравнительный анализ категорий воздействия показывает, что производство топ-лайнера с верхним слоем из белой целлюлозы оказывает наибольшее воздействие на окружающую среду в сравнении с производством kraft-лайнера и мелованного kraft-лайнера (за исключением категории «разрушение озонового слоя»).

Рассмотрим подробнее влияние отдельных стадий производства тар-

ного картона на каждую категорию воздействия в отдельности.

**Закисление почв, воды** характеризуется потенциалом закисления (ПЗ), описывающим сумму всех возникающих в процессе производства газовых выбросов, которые приводят к закислению водоемов и почв через образование кислот в сочетании с водой (например, в виде кислотных осадков). Данные приводятся обычно в кг-экв.  $\text{SO}_2$  / на тонну продукции, т. е. в пересчете на образование максимально возможного количества кислотообразующих соединений при растворении в воде килограмма диоксида серы.

Кислотные загрязнители оказывают разнообразное воздействие на почву, подземные и поверхностные воды, живые организмы и строительные конструкции. К ряду антропогенных эмиссий относятся и кислоты, образовавшиеся при определенных процессах в атмосфере. Примерами таких эмиссий, присутствующих в производственных процессах ЦБП, включающих сжигание ископаемых видов топлива, обычно содержащих серу, являются диоксид серы (образующий серную кислоту) и диоксид азота (образующий азотную кислоту) [5].

На рисунке 2 показано влияние отдельных стадий производства тарного картона на потенциал закисления. Для тарного картона, изготовленного из небеленых волокнистых полуфабрикатов, основной вклад в величину ПЗ вносит стадия варки целлюлозы/полуцеллюлозы. Для топ-лайнера основной вклад в величину ПЗ вносит отбелка целлюлозы.

**Эвтрофикация**, которая, как известно, представляет собой насыщение водоемов биогенными элементами, приводящими к росту биологической продуктивности водных бассейнов, характеризуется потенциалом эвтрофикации (ПЭ), который показывает потенциальные воздействия высокого содержания в окружающей среде питательных веществ, наиболее важные из которых азот и фосфор. Эти веще-

ства используются при биологической очистке стоков ЦБК, и их передозировка приводит к их попаданию в водоемы. Повышение содержания питательных веществ может вызвать нежелательное изменение в составе видов и повышение биомассы как в водной, так и наземных экосистемах, что может сделать поверхностные воды непригодными для питья. Увеличение биомассы в водной среде приводит к дополнительному потреблению кислорода для разложения биомассы, поэтому увеличенное биологическое потребление кислорода (БПК) также рассматривается как потенциал эвтрофикации [5].

Вклад в величину ПЭ отдельных стадий производства тарного картона представлен на рисунке 3.

При производстве всех видов тарного картона основное воздействие на формирование величины ПЭ оказывают такие стадии производства тарного картона, как варка и отбелка целлюлозы, использование электроэнергии и биологическая очистка сточных вод. Производство топ-лайнера с верхним слоем из белой целлюлозы оказывает максимальное воздействие на ПЭ.

**Потенциал глобального потепления (ПГП)** определяется, как влияние антропогенных эмиссий диоксида углерода и ряда других газов на парниковый эффект в атмосфере, который является одной из основных причин глобального изменения климата, может оказывать негативное воздействие на состояние экосистем, материалов, здоровье человека. Повышенная интенсивность радиации вызывает повышение температуры поверхности земли, так называемый парниковый эффект [5]. Согласно методу CML 2000, для оценки воздействий на изменение климата используется потенциал глобального потепления (потенциал создания парникового эффекта), который описывает выбросы в атмосферу газов, возникающие в производственном процессе и приводящие к повышению температуры атмосферы Земли (так называемые парниковые газы) [4].

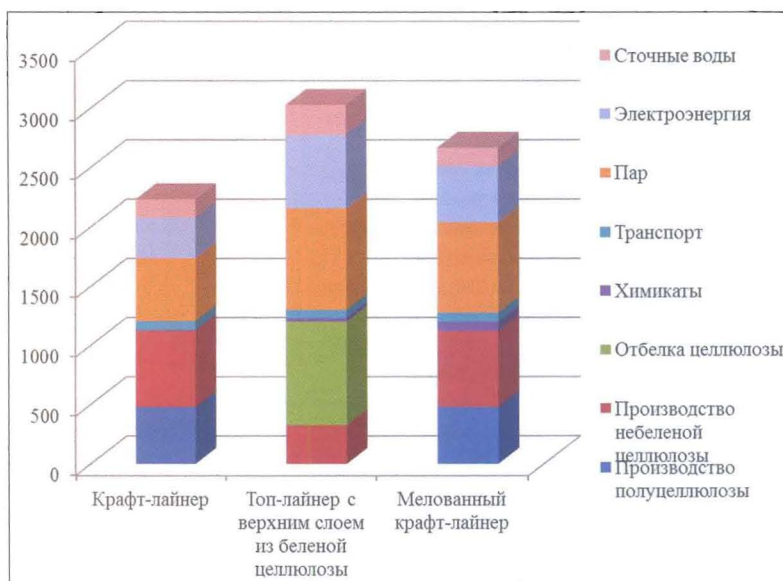


Рис. 4. Вклад основных стадий производства тарного картона в потенциал глобального потепления (ПГП), кг-экв. CO<sub>2</sub> / т картона.

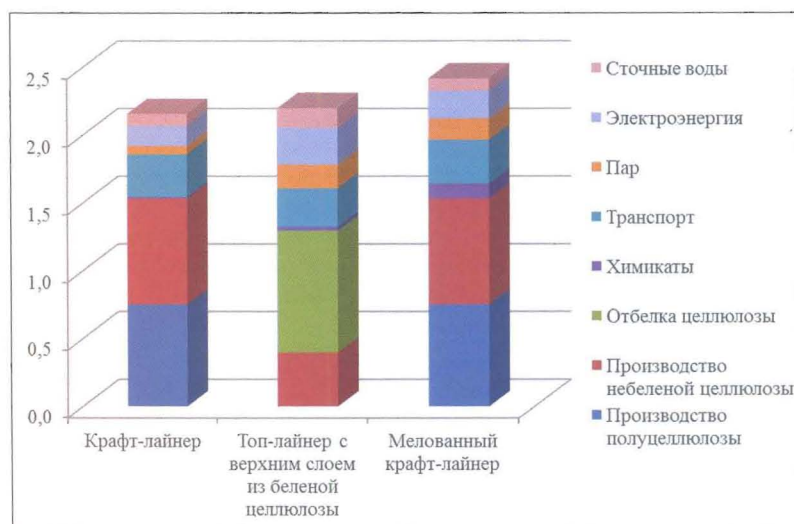


Рис. 5. Вклад основных стадий производства тарного картона в потенциал фотохимического образования озона (ПФО), кг-экв. / т картона.

Типичные выбросы, характерные для целлюлозно-бумажной промышленности и оказывающие влияние на изменение климата, – это диоксид углерода, диоксид азота и метан [1]. Это выбросы, возникающие в резуль-

тате сжигания горючего при доставке балансовой древесины на территорию предприятия из леса и на собственно производство за счет использования ископаемого топлива и покупной электроэнергии. Таким образом, производство

волокнистых полуфабрикатов, бумаги и картона, являются существенными вкладчиками по этому критерию.

Большая часть выбросов  $\text{CO}_2$  связана с потреблением энергии для производства пара, производства нейтральной сульфитной полуцеллюлозы и блененной и неблененной целлюлозы. Производство топ-лайнера с верхним слоем из блененной целлюлозы оказывает максимальное воздействие на ПГП (рис. 4).

Фотохимическое образование озона – образование фотооксидантов (ПФО) описывает образование химически активных веществ, при воздействии солнечного света на определенные первичные загрязнители атмосферного воздуха. Эти химически активные вещества могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека, экосистемы и сельскохозяйственные культуры [5]. Фотооксиданты образуются в тропосфере под воздействием ультрафиолетового света при фотохимическом окислении легколетучих органических соединений (ЛОС) и диоксида углерода в присутствии оксидов азота.

В процессах производства ЦБП первичными загрязнителями атмосферного воздуха могут являться легколетучие органические соединения, диоксид азота и монооксид углерода. Выбросы оксида азота (II) обладают снижающим эффектом на потенциал образования фотохимического озона, поскольку взаимодействует с озоном с образованием диоксида азота и кислорода, тем самым минимизируя, его воздействие [1]. Индикатор фотохимического озона определяется посредством расчетов факторов преобразования или химической активности легколетучих органических соединений. Затем он используется для превращения выявленных при инвентаризации легколетучих органических соединений в эквиваленты этилена. На рис. 5 представлен вклад основных стадий производства тарного картона в ПФО, кг-экв / т картона.

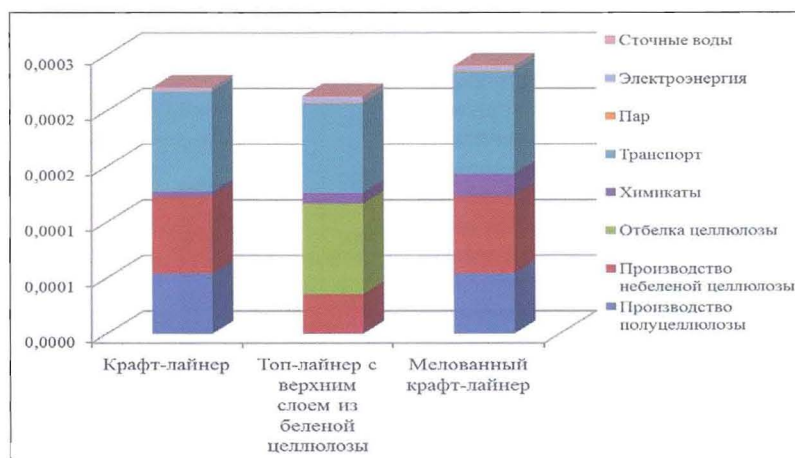


Рис. 6. Вклад основных стадий производства тарного картона в потенциал истощения озонового слоя (ПИО), кг-экв ХФУ-11/ т картона.

Как видно из данных, представленных на рис. 5, при производстве тарного картона из неблененных волокнистых полуфабрикатов основное влияние на образование фотооксидантов оказывает варка целлюлозы, а при производстве топ-лайнера с верхним слоем из блененной целлюлозы, наибольший вклад в образование фотооксидантов оказывает процесс отбеливания целлюлозы.

Истощение озона показывает, что разрушение озонового слоя характеризуется приведенным значением выделяющихся по всему жизненному циклу хлорфторуглеродов. Потенциал истощения озона (ПАО) – сравнительная мера и описывает, насколько вредным является вещество по сравнению с хлорфторуглеродом ХФУ-11, потенциал истощения озона которого принят за 1,0. Таким образом, химикат с потенциалом разрушения озона 2,0 в 2 раза более вреден, чем ХФУ-11, а химикат с ПАО 0,2 в 5 раз менее вреден, чем ХФУ-11 [5].

Экологический след в расчете на тонну крафт-лайнера по ПАО составил  $22 \cdot 10^{-5}$  кг-экв. ХФУ-11, на тонну топ-лайнера с верхним слоем из блененной целлюлозы –  $21 \cdot 10^{-5}$  кг-экв. ХФУ-11, на тонну мелованного крафт-лайнера –  $24 \cdot 10^{-5}$  кг-экв. ХФУ-11, что

значительно ниже (в 4545, 4761 и 4166 раз соответственно) потенциала истощения озона ХФУ-11, который принят за 1,0 (рис. 6). Основной вклад в ПАО вносят выбросы при транспортировке баланса, твердых бытовых отходов, производство целлюлозы/полуцеллюлозы, отбелка целлюлозы.

**Заключение.** Рассмотренные виды тарного картона – являются лишь одним, но весьма существенным, видом картонно-бумажной продукции. Рассмотренные в статье импортируемые из России виды картона из первичных волокон, вносят свой вклад в глобальную циркуляцию вторичного волокна, позволяют повысить кратность циркуляции вторичного волокна и продлить его жизненный цикл. Поэтому проведенная в статье оценка первых стадий жизненного цикла может быть в дальнейшем продолжена в рамках оценки последующих стадий, включающих повторное и многократное использование.

## Выводы

- На примере оценки первых стадий жизненного цикла тарного

картона показана возможность использования данного метода для оценки негативных воздействий, возникающих при производстве различных видов целлюлозно-бумажной продукции.

- Показано, что основную категорию воздействия ЖЦ тарного картона на окружающую среду представляет потенциал глобального потепления.

- Показано, что наибольшее влияние на основные категории воздействия при первых стадиях жизненного цикла – производстве тарного картона вносят: транспортировка сырья и химикатов; стадия варки и отбелки целлюлозы; производство и расход пара, электроэнергии; сточные воды и их очистка.

#### Список литературы

1. Бородин А. И., Николаева С. И. Оценка жизненного цикла товара // Экология и промышленность России. 2004. – № 3. – С. 32-33.
2. ГОСТ Р ИСО 14044-2007. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации. – М.: Стандартинформ, 2010. – 43 с.
3. Наилучшие доступные технологии: опыт и перспективы / Королева Е.Б. [и др.]. – СПб., 2011. – 123 с. EPD (2013).
4. Управление твердыми бытовыми отходами. Раздельный сбор и сортировка отходов [Электронный ресурс]: waste.ru. URL: [http://www.waste.ru/uploads/library/upravlenije\\_othodami.pdf](http://www.waste.ru/uploads/library/upravlenije_othodami.pdf) (дата обращения: 08.03.2016).
5. Федеральный закон от 1 мая

2007 г. № 65-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О техническом регулировании» (с изменениями и дополнениями).

6. Eriksson E., Gilespe A., Gustavsson L., Langvall O., Olsson M., Sathre R. Integrated Carbon Analysis of Forest Management Practices and Wood Substitution. J. Forest Resour. 36: 671-681. 2007.

7. Guinée, J. (2002). Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards. Springer Series: Eco-Efficiency in Industry and Science, Vol. 7.

8. ISO (2006). ISO14044, 2006. Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Standards Organization.

## Около 100 встреч

С 25 по 28 октября 2016 г. Группа предприятий «Пермская целлюлозно-бумажная компания» принимала участие в международной выставке «PAP FOR» в Петербурге. В этом году выставка собрала на одной площадке более 190 компаний из 42-х стран мира. На масштабном мероприятии целлюлозно-бумажной промышленности были представлены новинки продукции, инновационные идеи и современные технологии.

На выставочном стенде ПЦБК вниманию гостей была наглядно представлена бумага для гофрирования PRIME-Fluting. Экологичный продукт состоит из целлюлозы высокого выхода – древесины, подвергнутой неглубокой химической обработке. Кроме того, PRIME-Fluting обладает высокой жесткостью и по физико-механическим показателям бумага идентична мировым аналогам. Пермскую продукцию высоко оценили зарубежные партнеры в Чехии, Италии, Польше и Объединенных Арабских Эмиратах.

«Рынок требует постоянного движения вперед, – говорит исполнительный директор Группы предприятий «ПЦБК» Евгений Глезман, – поэтому мы продолжаем работать над качеством и развивать продуктовую линейку PRIME-Fluting. Благодаря модернизации оборудования и совершенствованию технологии производства, предприятию удалось добиться качественного повышения характеристик продукции».

Международной выставке из года в год сопутствует насыщенная деловая программа. В этом году директор по продажам Группы предприятий «ПЦБК» Андрей Гурьянов принял участие в панельной дискуссии «Будущее ЦБП: какой будет отрасль в 2020 году». Директор департамента маркетинга Григорий Гусев выступил на круглом столе «Регионы России: стратегическое развитие и комплексные решения для ЦБП».

В течение трех дней выставки руководители, маркетологи и технологи Группы предприятий «ПЦБК» смогли лично пообщаться с ключевыми заказчиками, обсудить планы на будущее, найти новых клиентов, в том числе и на международном уровне. Было проведено около 100 встреч и переговоров с деловыми партнерами.

Выставка «PAP FOR» дала возможность оценить перспективы рынка вместе с лидерами отрасли, поставщиками и клиентами, узнать об инновациях из первых уст и увидеть действительную картину индустрии сегодня.

Пресс-релиз