

**Оценка жизненного цикла картонных
коробок и курьерских пакетов для
доставки товаров компании
Яндекс.Маркет**

Отчет подготовлен компанией ООО «Простое дело»

26 августа 2022 года

Компания «Простое дело» разрабатывает и внедряет системные экологические решения для бизнеса на основе данных. Занимается созданием образовательных программ, проведением исследований и работой с данными, в том числе оценкой жизненного цикла и экологическим консалтингом.

ООО «Простое дело» — первая российская компания-участник международной инициативы Life Cycle Initiative под эгидой ООН.

Этот отчет является результатом исследования, проведенного по заказу Яндекс.Маркет.

Опубликовано:

26 августа 2022 года Обществом с ограниченной ответственностью «Простое дело».

Все права защищены. Данный документ может быть воспроизведен с предварительного разрешения ООО «Простое дело».

простое-дело.рф
© ООО «Простое дело», 2022 г.

Автор(ы):

Литвинов Никита Николаевич
Могельницкая Яна Александровна
Варлыгина Анастасия Евгеньевна

Статус открытости исследования:
Общедоступно

Ключевые слова:

Коробки, оценка жизненного цикла, LCA

Исполнитель:

ООО «Простое дело»
Адрес: 123104, г. Москва, Б. Палашевский пер. д.14А кв. 12
Тел.: +7 (916) 784-11-04
E-mail: info@prostoe-delo.com
Сайт: prostoe-delo.ru
ИНН: 9710076586

Руководитель проекта:

Литвинов Никита Николаевич

Содержание

Аннотация	5
Сокращения и обозначения	6
Введение	7
Деятельность Яндекс.Маркет	8
Оценка жизненного цикла (ОЖЦ)	8
Программное обеспечение и инструменты	9
Глава 1. Цели и границы исследования	11
1.1 Цель исследования	11
1.2 Рассматриваемые сценарии	13
1.3 Функция и функциональная единица системы	14
1.4 Категории воздействия	14
1.5 Границы системы	15
1.6 Требования к данным	16
1.6.1 География	16
1.6.2 Временные рамки	16
1.6.3 Технологические рамки	16
1.6.4 Проверка согласованности	17
1.7 Оценка полноты информации	17
1.8 Критерии исключения	18
1.9 Допущения	18
1.10 Критический анализ	19
Глава 2. Инвентаризационный анализ	21
2.1 Добыча сырья и производство материалов	23
2.1.1 Добыча сырья и производство материалов для картонной коробки	23
2.1.2 Добыча сырья и производство материалов для курьерских пакетов	25
2.2 Производство упаковки	27
2.2.1 Производство картонной коробки	27
2.2.2 Производство курьерского пакета	28
2.2.3 Производство транспортной упаковки заказов	32
2.4 Обращение покупателей с коробкой	36
2.5 Завершение жизненного цикла	36
2.5.1 Окончание жизненного цикла картонной коробки	37
2.5.2 Окончание жизненного цикла курьерского пакета	38
2.6 Анализ чувствительности	39

2.6.1 Анализ чувствительности к изменению сценария окончания жизненного цикла	39
2.6.2 Влияние региона доставки и территориальной схемы обращения с отходами на суммарный потенциал глобального потепления	41
2.6.3 Влияние способа и количества переиспользований упаковки на суммарный потенциал глобального потепления	42
2.6.4 Влияние наполнителя на суммарный GWP картонной коробки	42
Глава 3. Оценка воздействия жизненного цикла	43
3.1 Результаты оценки воздействия жизненного цикла исследуемой упаковки	44
3.2 Hot-spot анализ этапов cradle-to-gate	47
3.3 Выводы	49
Глава 4. Интерпретация результатов	50
4.1 Анализ чувствительности	50
4.1.1 Анализ чувствительности этапа окончания жизненного цикла	50
4.1.2 Анализ чувствительности полного жизненного цикла к географии	57
4.1.3 Анализ чувствительности к количеству переиспользований	60
4.1.4 Анализ чувствительности к добавлению в коробку наполнителя из крафт-бумаги	62
4.2 Анализ качества информации	62
4.3 Интерпретация результатов и рекомендации	63
Заключительные выводы	65
Список литературы	67
Приложение А - Результаты оценки воздействия жизненного цикла	69
Приложение Б - Используемые формулы	73
Приложение В - Критический анализ	75

Аннотация

Настоящее исследование дает представление о воздействии на окружающую среду жизненного цикла, связанного с добычей ресурсов, производством, использованием и утилизацией двух типов упаковки, которые могут быть использованы компанией Яндекс.Маркет для доставки заказов своим клиентам.

Исполнителем исследования жизненного цикла является компания «Простое дело».

Оценка жизненного цикла (или LCA-анализ) была проведена компанией ООО «Простое дело» в период с февраля 2022 года по июнь 2022 года с использованием базы данных Ecoinvent. Ecoinvent является одним из ведущих инструментов для проведения исследований в области ОЖЦ в мире и охватывает широкий спектр продуктов, услуг и процессов.

Целью исследования являлось сравнение воздействия на окружающую среду двух наиболее популярных типов упаковки заказов Яндекс.Маркета, картонной коробки и курьерского пакета.

Исследование проводилось в соответствии с требованиями, изложенными в Международных стандартах ISO 14040 и 14044, однако отчет не претендует на строгое соответствие стандартам. Отчет предназначен для внутренней поддержки принятия решений в Яндекс.Маркете. Он позволяет более полно оценить целесообразность перехода на альтернативные варианты упаковки.

Отчет получил рецензию вне проектной группы в августе 2022 года. Эксперт-рецензент в лице Евгении Кузнецовой, руководителя отдела сертификации «Экологического союза» (Санкт-Петербург, Россия), ведущего эксперта системы «Листок жизни», подтверждает, что данное исследование было выполнено в соответствии с принципами стандарта ИСО 14040 и требованиями стандарта ИСО 14044 и включает в себя всю необходимую информацию. Выводы исследования соответствуют его целям и отображают допущения, присутствующие в исследовании.

Доклад был подготовлен специалистами по оценке жизненного цикла компании ООО «Простое дело», Никитой Литвиновым и Яной Могельницкой.

Сокращения и обозначения

ЖЦ — жизненный цикл

ОЖЦ — оценка жизненного цикла

ОВЖЦ - оценка воздействия жизненного цикла

LCA — Life Cycle Assessment (Оценка жизненного цикла)

LCI — Life Cycle Inventory (Инвентаризация жизненного цикла)

LCIA — Life Cycle Impact Assessment (Оценка воздействия жизненного цикла)

FSC — Forest Stewardship Council (Лесной попечительский совет)

ISO — International Standardization Organisation (Международная организация по стандартизации)

ТКО — Твердые коммунальные отходы

PCO - Раздельный сбор отходов

ПВД (ПЭНП, LDPE) - полиэтилен высокого давления (полиэтилен низкой плотности, low density polyethylene)

ПНД (ПЭВП, HDPE) - полиэтилен низкого давления (полиэтилен высокой плотности, high density polyethylene)

ПЭТ (ПЭТФ, PET) - полиэтилентерефталат

GWP (ПГП) - Global Warming Potential (Потенциал глобального потепления)

ФФЦ - Фулфилмент центр

СЦ - Сортировочный центр

ЦТК - целлюлозный тарный картон

МТК - макулатурный тарный картон

Введение

Сегодня все больше и больше людей предпочитают приобретать товары онлайн. С ростом направления e-commerce в России возросла нагрузка на транспортные компании, а также значительно увеличилось потребление упаковки - картонных коробок, различных курьерских пакетов и стрейч-пленки.

Существует множество споров по поводу относительных экологических преимуществ и недостатков различных способов упаковки интернет-заказов. Производство картона не требует использование ископаемого сырья, а сам материал не уступает упаковочному пластику по прочностным и эксплуатационным характеристикам. Гофрокартон является одним из самых распространенных типов вторсырья, принимаемых для сбора и переработки у населения. Однако, заказы, доставляемые в коробках, редко занимают весь объем упаковки, а образующиеся пустоты необходимо прокладывать бумажным наполнителем для обеспечения сохранности доставляемых товаров. Для курьерских пакетов этого делать не нужно. Производители упаковки из пластика стремятся повысить процент включения переработанного сырья в состав своей продукции. Так, курьерские пакеты, используемые Яндекс.Маркетом, на 30% состоят из переработанного пластика и их также можно сдать на переработку.

На пути к снижению своего углеродного следа, Яндекс.Маркет решил разобраться, какая из их наиболее популярных упаковок имеет меньший углеродный след.

Деятельность Яндекс.Маркет

Яндекс.Маркет - российский маркетплейс, сервис для выбора и покупки товаров. На платформах сервиса пользователи могут изучать отзывы на товары, сравнивать их по различным параметрам, а также задавать вопросы другим посетителям сайта. Ассортимент, доступный для покупки на Маркете насчитывает 2 миллиона разновидностей товаров, а с момента запуска платформы в 2018 году покупки сделали 6 миллионов уникальных пользователей [1].

Яндекс.Маркет развивает качество сервиса для покупателей. Так, получить заказы в ПВЗ могут пользователи из 53 городов, а собственная курьерская платформа Маркета доставляет заказы уже в 6 городах: Москве, Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, Казани, Нижнем Новгороде и Краснодаре.

При оформлении заказа клиент указывает адрес, интервал и способ доставки. Заказ собирается в фулфилмент центре, после чего сформированный и упакованный заказ отправляется в один из сортировочных центров (СЦ) для распределения между курьерами. Для оптимизации логистических решений применяется Яндекс.Маршрутизация, которая составляет маршрут на основании данных о заказе и адресах доставки.

Оценка жизненного цикла (ОЖЦ)

Оценка жизненного цикла является одним из методов экологического менеджмента и проводится согласно стандартам ISO 14040 и 14044 [2, 3]. Данный метод позволяет производить систематизированный анализ потоков, связанных с жизненным циклом конкретного продукта, технологии, услуги или системы производственных процессов, от добычи ресурсов для его производства до окончательной утилизации продукта как отхода. ОЖЦ практикуется с начала 1970-х гг. и стандартизирована с помощью нескольких организаций, в том числе через SETAC (Общество экологической токсикологии и химии) и ISO (Международная организация по стандартизации).

ОЖЦ изучает продуктовую систему, в которую поступают ресурсы и энергия, внутри происходит их преобразование, а в конечном итоге высвобождаются выбросы в атмосферу, сточные воды и твердые вещества. Таким образом, можно количественно оценить потенциальное воздействие исследуемой системы на окружающую

среду на местном, региональном и глобальном уровнях. Важно отметить, что оценка воздействия жизненного цикла на окружающую среду не эквивалентна оценке риска в связи с отсутствием в ней пространственной и временной информации.

Методология оценки жизненного цикла соответствует ISO 14040. ОЖЦ оценивает воздействие на окружающую среду на каждом из следующих основных этапов жизненного цикла продукта:

1. Добыча/приобретение сырья;
2. Обработка материалов;
3. Транспортировка и распределение;
4. Производство продукции;
5. Использование продукта;
6. Окончательная утилизация.

Как определено в стандарте ISO 14040, четыремя основными стадиями проведения оценки жизненного цикла продукта или услуги являются (1) цель и границы исследования, (2) инвентаризационный анализ (ИАЖЦ), (3) оценка воздействия (ОВЖЦ) и (4) интерпретация результатов.

Границы системы и уровень детализации исследования ОЖЦ могут значительно меняться в зависимости от объекта, его назначения и целей исследования.

Глава 1 посвящена постановке целей и определению границ исследования, Главы 2 и 3 соответственно представляют собой инвентаризационный анализ и результаты оценки воздействия на окружающую среду; в главе 4 представлена интерпретация полученных результатов и итоги исследования.

Программное обеспечение и инструменты

Для моделирования жизненных циклов картонной коробки и курьерского пакета и расчета их воздействия на окружающую среду компанией Простое дело была использована международная база данных Ecoinvent (версия 3.8), а также программное обеспечение Microsoft Excel.

Ecoinvent - ведущая в мире база данных инвентаризационного анализа жизненного цикла, содержащая более 16 000 уникальных наборов данных. Наборы данных в Ecoinvent охватывают широкий спектр продуктов, услуг и процессов, от строительных материалов до продуктов питания, от добычи ресурсов до управления отходами. Ecoinvent считается самой большой, последовательной и прозрачной базой данных на рынке.

Глава 1. Цели и границы исследования

Исследование было проведено согласно требованиям изложенным в Международных стандартах ISO 14040 и 14044. Данный раздел представляет собой подробное описание методологии оценки жизненного цикла, на основании которой было проведено настоящее исследование: цель и область исследования, функция и функциональная единица исследуемой системы, эталонный поток, границы системы, выбор метода расчета воздействия на окружающую среду, требования к данным, допущения и ограничения. В отчет о результатах исследования входят короткое резюме исследования, а также технический отчет по оценке жизненного цикла.

Окончательным получателем исследования является Яндекс.Маркет. Данное исследование предназначено для внутренней поддержки принятия решений в компании Яндекс.Маркет и позволяет сравнить воздействие на окружающую среду картонной коробки и курьерского пакета.

Данное исследование было подвергнуто внешнему критическому анализу со стороны независимых экспертов, поэтому по усмотрению заказчика может быть выложено в открытый доступ. В исследовании предпочтение отдавалось первичным данным (т.е. данным полученным непосредственно от Яндекс.Маркета и его поставщиков), но ввиду ограничения в отношении объема данных, также были использованы вторичные данные для восполнения недостающей информации.

1.1 Цель исследования

Согласно стандарту ISO 14040, первым этапом оценки жизненного цикла является определение цели и области исследования. На этом этапе устанавливается уровень конкретизации, широты и глубины анализа.

Цель данного исследования - определение экологической нагрузки по категории изменение климата (углеродный след), оказываемой на окружающую среду упаковкой, используемой Яндекс.Маркетом для доставки заказов покупателям. Второй целью является сравнение двух основных видов упаковки товаров - картонной коробки и курьерского пакета. На основании данного сравнительного анализа могут быть приняты решения о предпочтении одного вида упаковки другому, а

также даны рекомендации по способу обращения с упаковкой в конце ее жизненного цикла.

В работе проанализирован жизненный цикл картонной коробки Яндекс.Маркет (рисунок 1.1) и курьерского пакета (рисунок 1.2), характеристики которых представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Характеристики исследуемых упаковок.

	Брендируемая коробка Яндекс.Маркет К-1	Курьерский пакет Яндекс.Маркет S
Материал	Картон из переработанной макулатуры (100%)	первичный и вторичный (30%) ПВД
Размер	25x15x10 см	32x22 см
Объем	3,7	3,5
Толщина	3 мм	50 мкм
Вес	61 г	7,02 г



Рисунок 1.1 - Фото коробки.



Рисунок 1.2 - Фото курьерского пакета.

В задачи данного исследования входят ответы на следующие вопросы:

1. Какой углеродный след имеют рассматриваемые типы упаковки?
2. Как распределяется экологическая нагрузка (углеродный след) между всеми этапам жизненного цикла каждой упаковки?
3. Какой сценарий доставки связан с меньшим количеством эмиссий парниковых газов?

1.2 Рассматриваемые сценарии

В исследовании были рассмотрены различные сценарии транспортировки используемых картонных коробок и курьерских пакетов. Для каждого типа упаковки было проведено моделирование двух сценариев доставки (рисунок 1.3). Таким образом, было рассмотрено 2 основных сценария, которые определялись типом упаковки, каждый из которых был разделен на 2 подсценария, определяемые способом доставки.

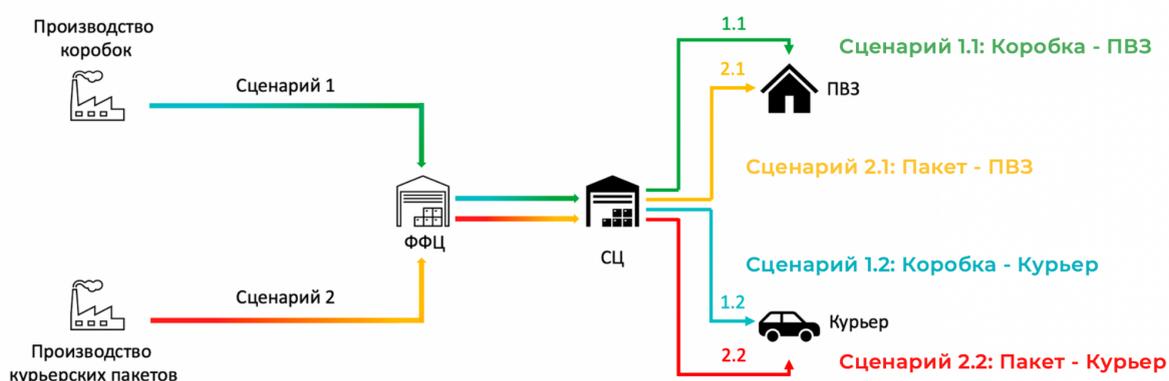


Рисунок 1.3 - Рассматриваемые сценарии.

Сценарий 1 Заказ доставляется клиенту в картонной коробке. В зависимости от способа транспортировки данный сценарий имеет следующие подсценарии:

Сценарий 1.1 Заказ в картонной коробке доставляется до ПВЗ, откуда клиентом осуществляется самовывоз.

Сценарий 1.2 Заказ в картонной коробке доставляется клиенту курьером.

Сценарий 2 Заказ доставляется клиенту в курьерском пакете. В зависимости от способа транспортировки заказа сценарий имеет следующие подсценарии:

Сценарий 2.1 Заказ в курьерском пакете доставляется до ПВЗ, откуда клиентом осуществляется самовывоз.

Сценарий 2.2 Заказ в курьерском пакете доставляется клиенту курьером.

1.3 Функция и функциональная единица системы

Для корректного сравнения исследуемых сценариев доставки необходимо определить функцию, которую они будут выполнять, а для количественной оценки этой функции необходимо задать функциональную единицу исследования.

Функциональная единица является мерой функции изучаемой системы и обеспечивает ориентир, с которым могут быть соотнесены входящие и выходящие материальные и энергетические потоки. Это позволяет сравнивать две существенно разные системы.

Референтный поток - это определенное количество продукта (продуктов), включая его составляющие, необходимое для обеспечения функциональной единицы данной продуктовой системы.

Функцией системы является обеспечение сохранности доставляемого продукта до клиента Яндекс.Маркета.

Функциональной единицей системы является заказ весом 367 грамм, занимающий объем не более 3.5 литров. Функциональная единица была определена в соответствии с данными о среднем весе заказов, доставляемых в исследуемых упаковках Яндекс.Маркетом в период с января по март 2022.

Референтным потоком в данном случае является 1 картонная коробка 25x15x10 см и 1 курьерский пакет 32x22 см, способные вместить и обеспечить сохранность заказа объемом не более 3.5 литров весом 367 грамм.

1.4 Категории воздействия

Исследование сосредоточено на оценке такой категории воздействия на окружающую среду, как изменение климата. Основным

показателем категории является потенциал глобального потепления (GWP, global warming potential).

Потенциал глобального потепления — это мера того, сколько из данной массы парникового газа (например, CO₂, метана, закиси азота) способствует глобальному потеплению. Глобальное потепление происходит из-за увеличения в атмосфере концентрации парниковых газов, в результате которого изменяется поглощение инфракрасного излучения в атмосфере, известное как радиационный форсинг. Потенциал глобального потепления измеряется в эквивалентах CO₂.

1.5 Границы системы

Настоящее исследование представляет собой оценку жизненного цикла «от колыбели до могилы» (cradle-to-grave). Особенностью такой оценки является то, что она охватывает все этапы жизненного цикла упаковки: добычу сырья, производство упаковки, транспортировку от производителя до конечного получателя (клиента Яндекс.Маркета) и окончание жизненного цикла. Границы системы представлены на рисунке 1.4.

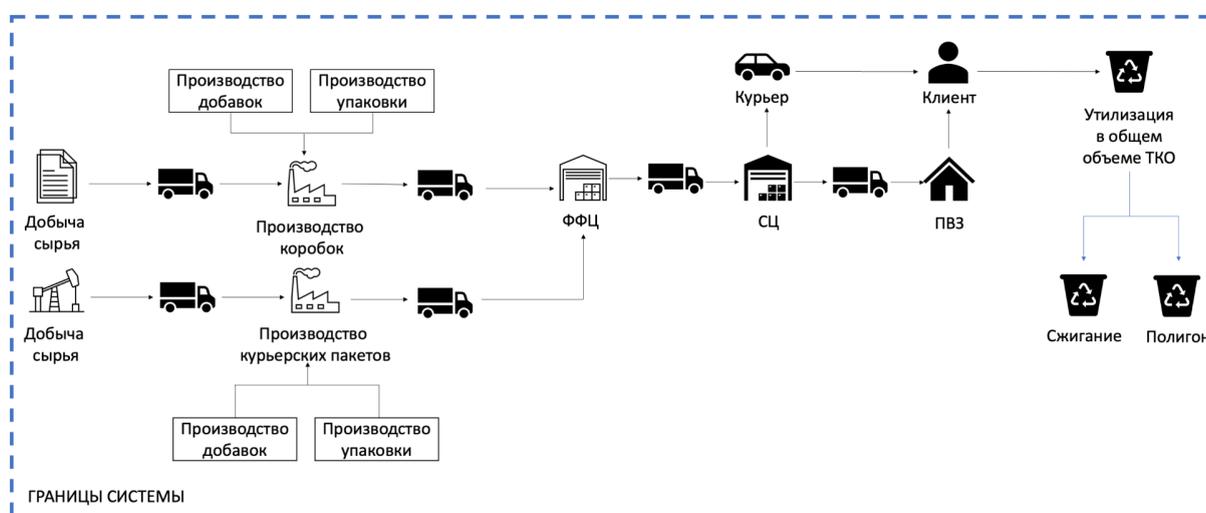


Рисунок 1.4 - Границы исследуемой системы.

Начальные этапы (добыча сырья, производство упаковки, транспортировка до СЦ) для каждого вида упаковки (картонной коробки и курьерского пакета) являются общими для всех подсценариев внутри одного сценария. Подсценарии начинают расходиться с момента нахождения упаковки в СЦ, согласно сценариям 1.1 и 2.1 упакованный заказ отправляется в ПВЗ, а в

сценариях 1.2 и 2.2 он доставляется курьером от сортировочного центра до двери клиента.

1.6 Требования к данным

Исследование жизненного цикла упаковки было проведено на основе данных, содержащихся в литературе и базе Ecoinvent 3.8, а также информации предоставленной непосредственно Яндекс.Маркетом и его поставщиками.

1.6.1 География

Данное исследование сосредоточено на оценке воздействия на окружающую среду картонных коробок и курьерских пакетов, используемых и произведенных на территории Российской Федерации. Сырье, необходимое для изготовления данных типов упаковки, также производится на территории России.

1.6.2 Временные рамки

В исследовании был установлен временной охват с января 2022 по март 2022 года для основных допущений, а для литературных данных — 10-летний период.

1.6.3 Технологические рамки

Инвентаризационные данные о материальных и энергетических ресурсах, необходимых для производства упаковки, были получены из базы данных Ecoinvent, а также в результате коммуникации с производителями исследуемых типов упаковки. Используемые данные отражают конфигурацию, рабочие характеристики и производительность процессов на момент сбора данных. Расчет дистанций транспортировки производился с помощью картографической службы Яндекс.Карты с учетом настоящих местоположений производственных предприятий, фулфилмент центров, сортировочных центров и ПВЗ.

При моделировании процессов, происходящих на стадии окончания жизненного цикла, за основу также были взяты данные и технологические модели базы Ecoinvent.

Все данные, полученные из базы данных Ecoinvent, относятся к модели системы «allocation, cut-off by classification» и в большей степени представляют европейские, а не российские технологии.

1.6.4 Проверка согласованности

Ввиду отсутствия первичных данных и баз данных с российскими процессами было принято решение использовать процессы с широкой географией с усреднением технологий и показателей выбросов.

К возрасту данных предъявлялись следующие требования: для литературных источников — 10 лет, а для используемых баз данных — 1 год.

Все описанные процессы соответствуют цели и предполагаемой глубине исследования, информация считается согласованной, несоответствия данных отсутствуют.

1.7 Оценка полноты информации

Для гарантии достаточности необходимых для проведения исследования данных была проведена оценка полноты информации. Результаты инвентаризации имеющихся процессов представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Оценка полноты информации .

	Картонная коробка	Курьерский пакет
Характеристики упаковки	Я	Я
Данные о добыче и производстве материалов	Е	Е
Данные о производстве упаковки	Е	Е / Я
Транспортные данные	Е / Я	Е / Я
Данные о поведении покупателей на этапе использования	Я	Я
Окончание срока службы	Е	Е
Е ecoinvent 3.8 Я данные Яндекс.Маркета и его поставщиков		

1.8 Критерии исключения

При сборе данных и проведении инвентаризационного анализа были применены следующие критерии исключения [18]:

- **Масса.** Если масса потока составляет менее 1% от совокупной массы входящих потоков и ее экологическая значимость не является значительной, то она может быть исключена из оценки;
- **Энергия.** Если энергетический поток составляет менее 1% от совокупного объема энергии и его экологическая значимость не является значительной, то он может быть исключен из оценки;
- **Экологическая значимость.** Если поток соответствует вышеуказанным критериям для исключения, но при этом считается, что он потенциально может оказать значительное воздействие на окружающую среду, он будет включен. Все материальные потоки, которые покидают систему (выбросы) и воздействие которых составляет более 1% от всего воздействия категории (потенциала глобального потепления), должны быть охвачены.

Сумма исключенных материальных потоков не должна превышать 5% от общей массы, энергии и экологической значимости. Экологическая значимость оценивалась на основе опыта, рекомендаций и существующих исследований.

1.9 Допущения

В настоящем исследовании были рассмотрены только те типы упаковки, которые используются Яндекс.Маркетом на момент исследования. Другие типы упаковки (например, пакеты из оксоразлагаемого пластика или курьерские крафт-пакеты) не рассматривались.

На основе данных о частоте использования различных типов упаковки в первом квартале 2022 для исследования были выбраны наиболее часто используемые коробки 25x15x10 см (в них клиентам приходит 34%¹ заказов) и курьерские пакеты 22x32 см (28%² заказов).

География процессов, взятых из базы данных Ecoinvent, в основном относится к региону Rest of the World (RoW) или GLO (весь мир), за

¹ От общего числа заказов в картонных коробках.

² От общего числа заказов в курьерских пакетах.

исключением процесса производства электроэнергии, который отражает российские технологии. Потери при производстве упаковки были смоделированы, однако их утилизация не рассматривалась.

В соответствии с территориальными схемами обращения с отходами в Российской Федерации в работе было рассмотрено два основных метода утилизации ТКО: сжигание без выработки электроэнергии в сеть и захоронение без сбора свалочного газа.

Повторное использование упаковки было включено в исследование и было рассмотрено в анализе чувствительности. Отметим, что использованные курьерские пакеты, при нарушении норм накопления отходов, могут разлетаться и попадать в окружающую среду, но в данной работе риск замусоривания не исследовался.

Эмиссии парниковых газов, связанные с красителями, используемыми для нанесения типографии на пакеты, а также с производством клея для клейкого слоя курьерского пакета, были исключены, ввиду высокой вариативности состава, отсутствия модельных процессов в базе данных Ecoinvent, а также малой суммарной массы потоков (2%). Экологическое воздействие, связанное с производством скотча, необходимого для запечатывания коробки, также было исключено из рассмотрения.

В исследовании также не было рассмотрено:

- любое воздействие на окружающую среду, связанное с хранением пакетов и коробок на складах и в ПВЗ;
- экологический след наклеек, используемых для идентификации заказа и размещения информации о получателе;
- экологическая нагрузка, связанная со строительством или выводом из эксплуатации объектов инфраструктуры;

1.10 Критический анализ

Данное исследование ОЖЦ включает критический обзор, проведенный руководителем органа по сертификации «Экологический союз», Евгенией Кузнецовой.

Целью критического обзора является оценка соответствия исследования ОЖЦ стандарту ИСО 14044, а также повышение ясности и достоверности результатов исследования.

Критический обзор был проведен в два этапа. В ходе первого этапа, проведенного в августе 2022 года, был выявлен ряд недочетов и предписаний разного характера. Все комментарии сопровождались предлагаемыми изменениями. В ходе вторичного критического обзора от 26.08.2022 было установлено выполнение всех предложенных к рассмотрению комментариев.

Исследование проводилось в соответствии с Международными стандартами ISO 14040 и 14044, однако отчет не претендует на строгое соответствие им. Отчет предназначен для внутренней поддержки принятия решений в Яндекс.Маркет.

Критический обзор представлен в Приложении В, и его основные результаты заключаются в следующем:

- Исследование выполнено в достаточной степени в соответствии с регламентирующими документами, учитывая те задачи, которые были поставлены.
- Степень приближения и возможные неточности следования регламентирующим стандартам не вносят искажения в результаты. При этом ценность исследования по сравнению с зарубежными состоит в том, что оно произведено для России, с учетом российских условий и реалий. Это делает исследование уникальным, в качестве инструмента для принятия решений, отвечающих российской действительности и процессам компании Яндекс.Маркет.
- Выводы и результаты исследования выглядят сходными с большинством аналогичных работ. Оцениваемая категория воздействия и исключения выбраны соответственно целям исследования.

Глава 2. Инвентаризационный анализ

На этапе инвентаризационного анализа (англ. Life cycle inventory, LCI) происходит сбор и сведение всей необходимой информации о входящих и выходящих потоках исследуемой системы, то есть о используемых материалах и энергии, а также образующихся выбросах в атмосферу, сбросах и твердых отходах. Получение и обработка инвентаризационной информации занимает значительную часть времени исследования и производится итерационно. Как только необходимые инвентаризационные данные собраны, строится электронная модель системы. Результатом данного этапа являются данные о потреблении ресурсов и энергии, а также о количестве различных выбросов на каждом этапе жизненного цикла продукта. После проведения инвентаризационного анализа происходит оценка воздействия жизненного цикла (англ. Life cycle impact assessment, LCIA), на котором известные выбросы описываются и классифицируются, а результаты представляются в соответствующих единицах измерения для каждой рассматриваемой категории воздействия на окружающую среду.

На рисунке 2.1 представлена общая принципиальная схема жизненного цикла картонной коробки, изготавливаемой из макулатуры. Он включает в себя добычу сырья и производство материалов из макулатуры, производство картонных коробок, транспортировку готовых упаковок от производителя до конечного потребителя и завершается этапами эксплуатации и утилизации. Тарный картон является ценным вторсырьем для переработчиков. Однако, отметим, что большую часть вторичного сырья предоставляют промышленные предприятия и ритейлеры [4].

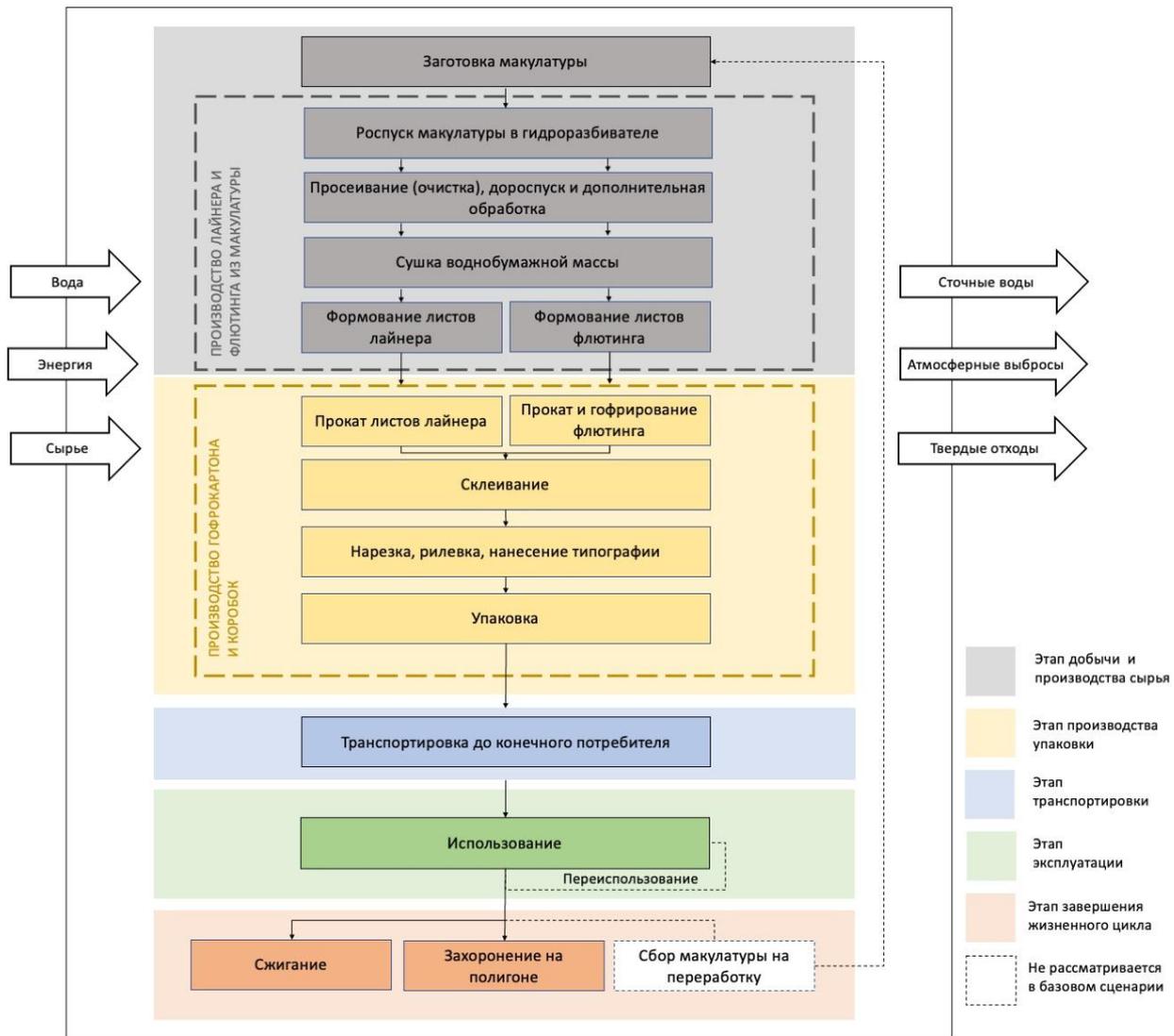


Рисунок 2.1 - Принципиальная схема жизненного цикла картонных коробок.

Аналогичная схема для жизненного цикла курьерского пакета представлена на рисунке 2.2. Он начинается с добычи сырья, продолжается его обработкой и производством полиэтиленовых гранул, которые в последствии транспортируются на предприятие по изготовлению полиэтиленовых пакетов. Далее, на стадии транспортировки, готовая партия курьерских пакетов направляется к конечному потребителю, клиенту Я.Маркета, и используется по назначению. На этапе окончания жизненного цикла упаковка утилизируется посредством захоронение на полигоне и/или посредством сжигания на мусоросжигательном заводе.

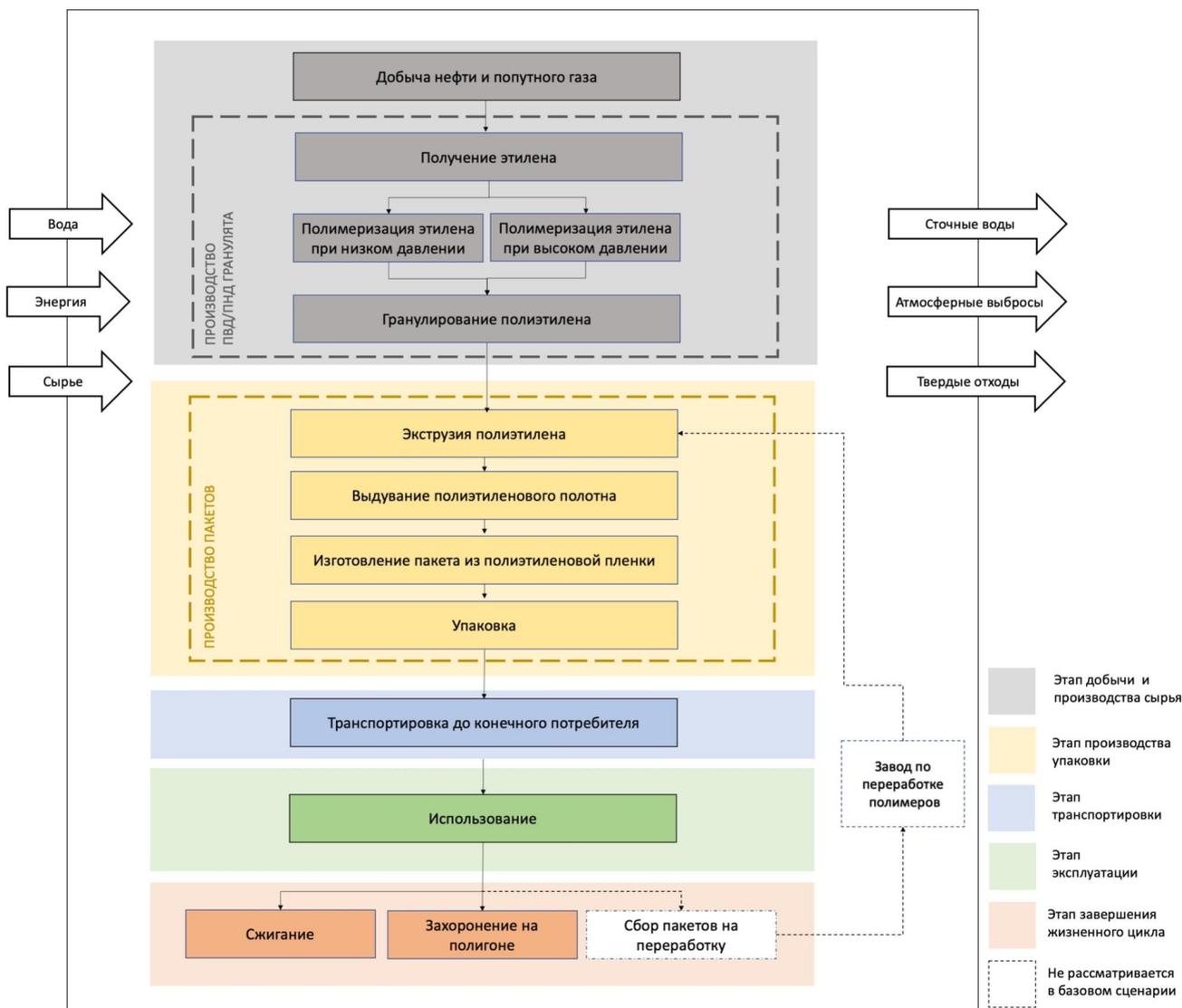


Рисунок 2.2 - Принципиальная схема жизненного цикла курьерских пакетов.

2.1 Добыча сырья и производство материалов

2.1.1 Добыча сырья и производство материалов для картонной коробки

Гофрокартон – это многослойный материал, состоящий из плоских слоев картона (лайнера) и промежуточных гофрированных слоев бумаги (флютинга), склеенных между собой (рисунок 2.3). В зависимости от типа гофрокартона и его эксплуатационных характеристик количество слоев может изменяться. Для изготовления рассматриваемых в исследовании коробок Яндекс.Маркет

используется гофрокартон, состоящий из трёх слоёв: двух плоских внешних листов и одного внутреннего гофрированного слоя.

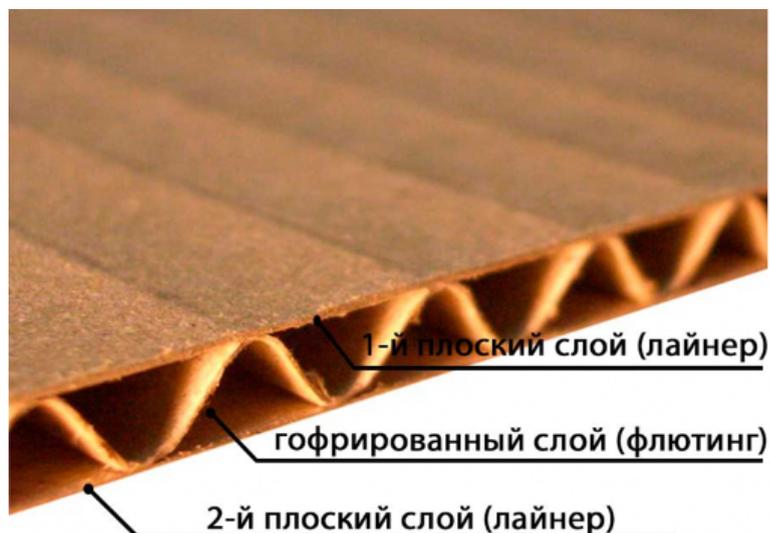


Рисунок 2.3 - Основные составные части гофролиста [[ссылка на фото](#)].

Картон для плоских слоев гофролистов (лайнер) должен обладать хорошими прочностными характеристиками и, в зависимости от назначения, он также может состоять из одного, двух, трех или более слоев. В качестве сырья для изготовления лайнера используют целлюлозный (ЦТК, крафтлайнер) или макулатурный (МТК, тестлайнер) тарный картон.

Для изготовления волнистого внутреннего слоя, обеспечивающего устойчивость гофролиста к статическим и динамическим нагрузкам, используется бумага для гофрирования (флютинг). Соотношение целлюлозы и макулатуры в составе бумаги для флютинга может быть различным, однако сегодня все чаще встречаются флютинги, изготовленные из 100% вторичного сырья.

Ввиду особенностей эксплуатации, к прочности лайнера предъявляются более строгие требования, чем к прочности флютинга, поэтому его изготовления используют картон, а для производства флютинга - бумагу. Лист картона отличается от бумаги большей плотностью (весом) и, соответственно, прочностью. Поскольку технология производства картона для лайнера и бумаги для флютинга схожа, далее производственный процесс будет описан в общем виде для обеих составляющих.

В России переработка макулатуры осуществляется по мокрой технологии, которая характеризуется высокой энергоемкостью производства и высоким удельным расходом воды, а также большим объемом сточных вод.

Начальным этапом производства бумажной продукции из макулатуры является первичная ручная сортировка, которая позволяет разделить вторсырье по цвету и степени загрязненности, а также убрать крупный мусор.

Дальше макулатура измельчается и подается в гидроразбиватель, где смешивается с большим количеством воды. В результате образуется водно-бумажная масса (пульпа) с твердыми включениями (скрепками, мелкими кусками скотча, полимерными пленками и т.д.), не отобранными на этапе первичной сортировки. Для удаления таких твердых включений проводится механическая очистка водно-бумажной массы через различные циклоны, центрифуги, сито и вибросито. После удаления крупных загрязнений водно-бумажная масса может быть направлена в бак для флотации для прохождения тонкой очистки. Данный процесс необходим для нейтрализации органических загрязняющих включений таких, как битум, парафин, жиры, масла и других.

Далее насыщенную водой пульпу необходимо отжать и высушить, для этого ее пропускают через ряд нагретых валиков (каландров) и специальную печь. На выходе получают длинные непрерывные листы будущего лайнера (или флютинга), которые в дальнейшем нарезаются и сматываются в большие рулоны.

Для моделирования производства лайнера и флютинга из вторичного сырья были использованы процессы из базы данных Ecoinvent - "containerboard production, linerboard, testliner" и "containerboard production, fluting medium, recycled" для лайнера и флютинга, соответственно. Процессы отображают технологии релевантные для географического региона RoW.

2.1.2 Добыча сырья и производство материалов для курьерских пакетов

Основным материалом курьерских пакетов является ПВД, полиэтилен высокого давления, который также называют полиэтиленом низкой плотности (ПЭНП, LDPE). Исходным сырьем для его производства является этилен, который является продуктом высокотемпературного

разложения (пиролиза) нефтехимического сырья, вырабатываемого нефте- и газоперерабатывающими заводами.

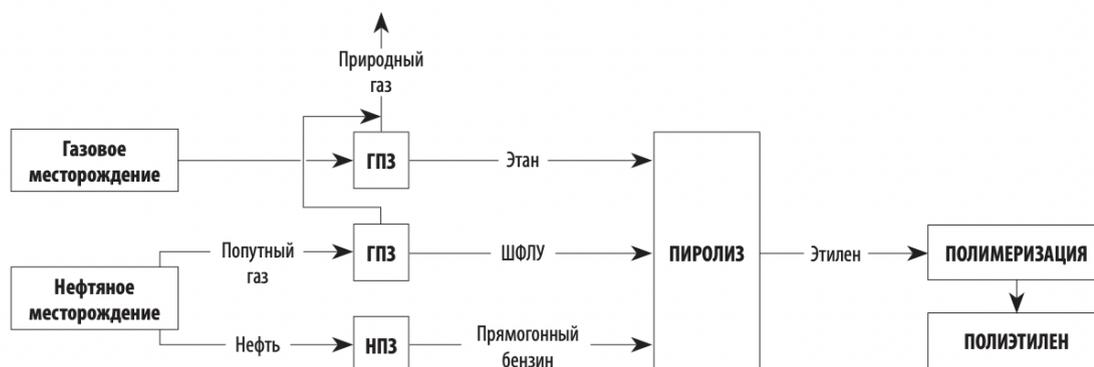


Рисунок 2.4 - Технологическая схема получения полиэтилена [ИСТОЧНИК].

Далее полученный этилен с помощью насосов перекачивают в цех полимеризации, который обычно располагают недалеко от комплекса пиролиза. Специфика процесса полимеризации определяет эксплуатационные характеристики будущего продукта. Синтез полиэтилена может быть проведен при низком, среднем и высоком давлении. Продуктами реакций в этом случае являются полиэтилен низкого давления (ПНД), полиэтилен среднего давления (ПСД) и полиэтилен высокого давления (ПВД).

Полимеризация под высоким давлением проводится при давлении от 1500 до 3500 бар и температуре около 200°C. Процесс полимеризации инициируется посредством подачи в реактор кислорода и/или органических пероксидов. В базе данных Ecoinvent представлена теоретическая смесь обоих типов производственных катализаторов. В конце реакции полимеризации продукт реакции очищают от непрореагировавшего этилена, который либо возвращают снова в процесс, либо сжигают в факеле.

По достижении необходимого уровня чистоты полиэтилен подается в экструдер, где в расплав полимера при необходимости добавляют аддитивы (добавки), после чего полимер поступает в гранулятор. Гранулированный продукт высушивается, при необходимости смешивается и дегазируется.

Для моделирования производства ПВД гранулята был использован процесс базы данных Ecoinvent под названием «polyethylene

production, low density, granulate», отражающий результаты для географических рамок Rest of the World (RoW).

2.2 Производство упаковки

2.2.1 Производство картонной коробки

Флютинг и лайнер, поставляемые в больших рулонах, разматывают и подают на промежуточные валики. На данном этапе сырье нагревается и увлажняется, это делается для того, чтобы было легче придать ему нужную форму. Следующим этапом для будущего среднего волнистого слоя (флютинга) является гофрирование. Для этого бумагу пропускают через нагретые валы, имеющие волнистый профиль.

После придания флютингу нужной формы, на верхушки гофр в автоматическом режиме наносится клей, основу которого составляет крахмал, после чего под давлением в специальном блоке происходит склеивание флютинга и лайнера. Аналогично процедура склеивания повторяется для второй стороны гофролиста и второго лайнера. Далее выполняется сушка, которая помогает избавиться от лишней влаги, а также способствует окончательному отвердеванию клея.

Как только высушенные и склеенные листы картона выходят из печи, они подаются на рилевочно-резательные станки, где, соответственно, выполняется нарезка и нанесение борозд, задающих линии сгиба (рилевка) будущих коробок. После чего партия коробок упаковывается для отправки в фулфилмент центр. В качестве упаковки используется стрейч-пленка и паллеты.

Для моделирования процесса производства картонной коробки был использован модифицированный процесс базы данных Ecoinvent “corrugated board box production”. В исходном процессе входными потоками являются лайнер и флютинг, процесс изготовления которых представляет собой теоретическую смесь технологий производства из первичных и вторичных материалов. Модификация заключалась в том, что процессы, отражающие производство составляющих гофролиста из первичных материалов, были заменены на процессы производства их из вторичных материалов (они указаны в главе 2.1.1).

Ниже представлена таблица, включающая в себя инвентаризационные данные³ для процесса производства картонной коробки.

Таблица 2.3 - Инвентаризационные данные для процесса производства картонной коробки.

Название	Величина	Ед. измерения
Входные потоки		
Электроэнергия	0,0044	кВт
Лайнер	38,06	г
Флютинг	28,37	г
Крахмал картофельный	0,45	г
Крахмал кукурузный	1,04	г
Упаковка (стрейч-пленка)	0,549	г
Упаковка (паллеты)	2,29E-05	шт
Выходной поток		
Картонная коробка - 1 шт	61	г
Упаковка (пленка)	0,549	г
Упаковка (паллеты)	2,29E-05	шт
Отходы (гофрокартон)	6,16	г

Процессы, используемые для моделирования вторичной упаковки описаны в пункте 2.2.3.

2.2.2 Производство курьерского пакета

Курьерские пакеты, используемые для упаковки и доставки товаров на маркетплейсах, отличаются от обычных ПВД пакетов не только формой и наличием клапана с клейкой лентой, но и количеством слоев. Пакеты, используемые Яндекс.Маркетом для доставки товаров, изготовлены из пятислойной ПВД пленки. Такая комбинация слоев гарантирует защиту вложения от различных механических

³ В таблице указаны только потоки, вносящие вклад более 1% в суммарный GWP процесса.

повреждений, а также делает пакет непроницаемым при просвечивании, обеспечивая конфиденциальность вложения.

Процесс изготовления курьерских пакетов можно разделить на два основных этапа: производство двусторонней пленки из гранул ПВД и производство курьерского пакета из пленки.

На первом этапе пленка для курьерских пакетов изготавливается из полиэтилена высокого давления (ПВД) путем соэкструзии (коэкструзии). Данный процесс по своей сути практически ничем не отличается от экструзии однородных пленок. Однако технология соэкструзии подразумевает использование большего количества экструдеров (два или более) и соответствующего им периферийного оборудования, а также более сложную конструкцию формующего инструмента.

Гранулы ПВД и добавок (например, красителя) для каждого из слоев загружаются в соответствующие экструдеры, где нагреваются, перетираются и плавятся. Струи расплавов ПВД для внешнего и внутренних слоев соединяются в фильерах, находящихся на конце головки, общей для всех экструдеров. При этом, определяющей частью соэкструзии являются процессы, происходящие в формующей головке, а все действия с экструдатом, происходящие после выхода из головки, осуществляются аналогично процессам для однородных полимерных пленок. Так, к отверстию в центре формовочной головки подводится воздух, который наполняет и растягивает пленочный пузырь как воздушный шар. Пленочная трубка перемещается вверх и постепенно охлаждается воздухом, а затем подается на систему прижимных и тянущих валов. В результате получается длинная лента двусторонней полиэтиленовой пленки, которая в дальнейшем скручивается в рулоны на намоточных машинах.

На втором этапе рулоны многослойной ПВД пленки подаются на валы пакетоделательной машины, где происходит нарезка пленки, спаивание краев, нанесение клея и защитной наклейки. После чего, коробки укладываются на паллеты и фиксируются с помощью стрейч-пленки.

В таблице 2.4 представлены инвентаризационные данные для процесса производства курьерского пакета.

Таблица 2.4 - Инвентаризационные данные для процесса производства курьерского пакета.

Название	Величина	Ед. измерения
Входные потоки		
Электроэнергия	0,0065	кВт
Тепло	0,00548	МДж
Пар	0,392	г
ПВД гранулят (первичный)	4,66	г
ПВД гранулят (вторичный)	1,997	г
Красящий пигмент черный	0,05	г
Красящий пигмент белый	0,05	г
Адгезионный материал	0,42	г
Картонная коробка (упаковка)	0,154	г
Стрейч-пленка (упаковка)	0,0019	г
Паллеты (упаковка)	1,3E-06	шт
Выходной поток		
Курьерский пакет - 1 шт	7,02	г
Отходы первичного ПВД	0,11	г
Отходы вторичного ПВД	0,047	г
Картонная коробка (упаковка)	0,154	г
Стрейч-пленка (упаковка)	0,0019	г
Паллеты(упаковка)	1,3E-06	шт

Для моделирования процесса производства пакета был использован процесс “extrusion, plastic film”, воспроизводящий технологии используемые в географическом регионе RoW.

Соотношение гранул ПВД к гранулам красителя, добавляемого на этапе экструзии, было взято из литературы [5] и составило 1:24. Также в исследовании было указано, что гранулы красителя на 50% состоят из

красящего пигмента (сажи - для черного слоя, диоксида титана - для белого) и 50% ПВД. Аналогичное допущение было принято в данном случае. Расход красителя для пятислойного пакета был рассчитан исходя из того, что окрашиваются только наружный и внутренний слой.

Производство черного красителя было смоделировано с помощью процесса “carbon black production”, отражающий географию всего мира (GLO).

Ввиду того, что существует две технологии производства диоксида титана, хлоридная и сульфатная, было решено представить данный процесс в виде теоретической смеси процессов базы данных Ecoinvent “titanium dioxide production, sulfate process” и “titanium dioxide production, chloride process”, относящиеся к географическому региону RoW.

Также были учтены энергетические затраты пакетоделательной машины, преобразующей двустороннюю черно-белую пленку в курьерский пакет. Они представлены в таблице 2.4 в составе общего входного потока электроэнергии. Для моделирования электроэнергии был использован процесс “market for electricity, medium voltage - RU”. Процесс учитывает затраты на производство электроэнергии в соответствии с российской энергетической системой [6], затраты на ее передачу и преобразование высокого напряжения, вырабатываемого электростанциями, в среднее, используемое в производственно-технологических цехах.

Накладка, защищающая клеевой слой, изготавливается из адгезионного материала, основным компонентом которого является ПЭТ. Для моделирования адгезионного материала был использован процесс “polyethylene terephthalate, granulate, amorphous”, отображающий данные для всего мира (RoW). Значения входных и выходных потоков процесса производства адгезионного материала представлены в таблице 2.5.

Процессы, используемые для моделирования вторичной упаковки описаны в пункте 2.2.3.

Таблица 2.5 - Инвентаризационные данные для процесса производства адгезионного материала.

Название	Величина	Ед. измерения
Входные потоки		
Электроэнергия	2,91E-04	кВт
Тепло	3,57E-04	МДж
Пар	2,56E-02	г
ПЭТ гранулят	0,43	г
Выходные потоки		
Адгезионный материал - 1 шт	0,42	г
Отходы (ПЭТ)	9,35E-03	г

Ввиду большой вариативности состава клея и чернил для нанесения типографии, используемого различными производителями, а также отсутствия модельного процесса в базе Ecoinvent и малой весовой доли (оба компонента суммарно составляют 2,17% от общей массы) относительно других входящих потоков, было принято решение об исключении данных потоков из рассмотрения в текущем исследовании. Все расчеты представлены для массы пакета без учета массы этих потоков.

2.2.3 Производство транспортной упаковки заказов

На этапе транспортировки от производителя до ФФЦ Яндекс.Маркета для упаковки партии картонных коробок используют евро-паллеты и стрейч-пленку. Для картонных коробок расход поддонов составляет 3 паллеты на 1 тонну продукции, а расход стрейч-пленки - 9 кг на 1 тонну продукции⁴.

На производстве курьерских пакетов продукция упаковывается в картонные коробки, которые также ставятся на паллеты и фиксируются стрейч-пленкой. Данные о количестве коробок и паллет,

⁴ Основана на информации, предоставленной экспертами отрасли.

используемых при доставке курьерских пакетов в ФФЦ Яндекс.Маркета были получены от непосредственно от производителя. Количество пленки, необходимое для фиксации товаров на паллете было рассчитано в соответствии с формулой, представленной в [приложении Б](#). Для моделирования использовалась пленка толщиной 20 мкм и шириной 500 мм, вес которой был принят за 9,2 г.

Упаковка заказов в коробки и курьерские пакеты происходит в фулфилмент центрах. После чего упакованные заказы укладываются на паллеты размером 120x80 см. Для защиты заказов от влаги, попадания пыли и повреждений во время транспортировки ее оборачивают в 3 слоя стрейч-пленки.

Для расчета количества используемых деревянных паллет и стрейч-пленки на этапе транспортировки от ФФЦ до СЦ были использованы данные о среднем весе транспортируемых заказов Яндекс.Маркета в период с января по март 2022 года. Расход стрейч-пленки был рассчитан в соответствии с формулой в [приложении Б](#). По данным Яндекс.Маркета формирование паллеты происходит вручную.

Для моделирования процессов производства стрейч-пленки был использован процесс базы данных Ecoinvent - “packaging film production, low density polyethylene”; для деревянных поддонов (паллет) - “EUR-flat pallet production”; для коробок - “corrugated board box production”. Все процессы относятся к географическому региону Rest of World (RoW).

Деревянные паллеты, используемые для транспортировки заказов используются многократно. Было принято, что среднее количество циклов использований поддона составляет 8 раз. Паллеты, непригодные для дальнейшего использования, направляются на предприятия по утилизации деревянных поддонов, где либо восстанавливаются, либо перерабатываются.

Образующиеся в результате транспортировки исследуемых картонных коробок и курьерских пакетов отходы вторичной упаковки (стрейч-пленка и картонные коробки), по данным Яндекс.Маркета, в полном объеме направляются на переработку. Ввиду использования системной модели “allocation, cut-off by classification” воздействие на

окружающую среду транспортной упаковки на этапе окончания ее жизненного цикла не рассматривалось.

2.3 Транспортировка

В исследовании была смоделирована транспортировка от стадии производства материалов до стадии производства упаковки, а также распространение готовых коробок от стадии производства до фулфилмент центров, сортировочных центров и конечного потребителя посредством курьерской доставки и доставки в ПВЗ.

Транспортировка на стадиях добычи сырья и производства, а также до объектов утилизации материалов была включена в процессы, использованные при моделировании этих стадий. В работе было принято допущение, что в случае доставки заказа в ПВЗ дальнейшая транспортировка заказа осуществляется пешком или другими видами транспорта (велотранспорт, общественный транспорт и т.д.) на незначительное расстояние, что означает незначительный вклад данного этапа в экологическое воздействие. Это позволяет исключить учет выбросов от транспортировки до дома из ПВЗ из исследования.

Транспортировка упаковки между ФФЦ и СЦ Яндекс.Маркета осуществляется различными типами транспорта. На основании данных, предоставленных Яндекс.Маркетом, об используемых транспортных средствах на различных дистанциях, их количестве, для каждого типа транспортного средства были рассчитаны средневзвешенные расстояния. Аналогично были рассчитаны расстояния для транспортировки от СЦ до ПВЗ и от СЦ до клиента курьером, однако на данных этапах использовался одинаковый тип транспорта. Эти расстояния указаны в таблице в графе дистанция. Метод их расчета представлен в [приложении Б](#).

Расстояния транспортировки от ФФЦ до конечного потребителя (этапы ФФЦ-СЦ, СЦ-ПВЗ или СЦ-Клиент (курьер)) для курьерского пакета и картонной коробки было принято решение рассматривать как одинаковые. Рассмотренные в исследовании процессы и дистанции сведены в таблице 2.7 для коробки и таблице 2.8 для пакета.

Таблица 2.7 - Инвентаризационные данные для этапа транспортировки картонной коробки.

Начальный пункт	Конечный пункт	Тип транспорта (процесс Ecoinvent)	Дистанция (км)
Производитель лайнера и флютинга	Производитель коробок	-	0 ⁵
Производитель коробок	ФФЦ	lorry 16-32 metric ton, EURO4	78
ФФЦ	СЦ	light commercial vehicle	24
		lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4	98
		lorry 16-32 metric ton, EURO4	314,4
СЦ	ПВЗ	light commercial vehicle	7,5
СЦ	Клиент(Курьер)	light commercial vehicle	90

Таблица 2.8 - Инвентаризационные данные для этапа транспортировки курьерского пакета.

Начальный пункт	Конечный пункт	Тип транспорта	Дистанция (км)
Производитель ПВД гранул	Производитель к. пакетов	lorry 16-32 metric ton, EURO4	810
Производитель адгезионного материала	Производитель к.пакетов	lorry 16-32 metric ton, EURO4	159
Производство курьерских пакетов	ФФЦ	lorry 16-32 metric ton, EURO4	120
ФФЦ	СЦ	light commercial vehicle	24
		lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4	98
		lorry 16-32 metric ton, EURO4	314,43
СЦ	ПВЗ	light commercial vehicle	7,48
СЦ	Клиент(Курьер)	light commercial vehicle	90,13

⁵ Производство сырья (лайнера и флютинга) и производство упаковки происходит на одном предприятии.

Для моделирования процессов транспортировки были использованы три основных процесса базы данных Ecoinvent, относящиеся к географическому региону RoW:

- процесс “transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4 - RoW” представляет собой услугу по перевозке 1 тонны груза на дистанцию 1 км (1 т*км) на грузовом автомобиле размерного класса 16-32 метрических тонн и 4 EURO-класса выбросов;
- процесс “transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton, EURO4 - RoW” описывает услугу по перевозке 1 т*км груза на грузовом автомобиле размерного класса 3,5-7,5 метрических тонн полной массы и экологического класса EURO4;
- процесс “transport, freight, light commercial vehicle - RoW” определяет услугу по перевозке 1 т*км груза на малотоннажном грузовом автомобиле.

Процессы охватывают весь жизненный цикл транспорта, а именно строительство, эксплуатацию, техническое обслуживание, окончание срока службы транспортного средства и эксплуатацию дорожной инфраструктуры. Процессы также учитывают потребление топлива.

2.4 Обращение покупателей с коробкой

В феврале 2022 было проведено исследование потребительских привычек пользователей Яндекс.Маркета, в ходе которого респонденты ответили на вопросы об обращении с упаковкой после получения заказа. Результаты опроса описаны и рассмотрены в анализе чувствительности (пункты 2.6.3 и 4.1.1).

2.5 Завершение жизненного цикла

При проведении LCA исследований традиционно рассматриваются 3 основных сценария утилизации: посредством сжигания, захоронения на полигоне и переработки. Сценарии, при которых упаковка утилизируется исключительно тем или иным способом (предельные сценарии) рассматриваются в анализе чувствительности. Реальный процесс утилизации представляет собой комбинацию всех трех сценариев, которые зависят от наличия инфраструктуры для РСО, территориальных схем обращения с отходами, поведения потребителей и других факторов. Общая формула расчета эмиссий,

связанных с этапом окончания жизненного цикла представлена в [приложении Б](#).

В данный момент отсутствуют качественные данные по отдельному сбору и переработке фракций ТКО, но ожидается, что с совершенствованием системы РСО и развитием отрасли переработки появятся необходимые для анализа данные. Более того, согласно информации Центра системных решений и Лиги переработчиков макулатуры [4] российские заготовители макулатуры практически не работают с жилым сегментом, т.е. основной объем бумаги и картона, образующийся у потребителей попадает в состав ТКО. В общем объеме ТКО макулатура контактирует с органическими отходами, она становится непригодной для переработки и утилизируется в соответствии с территориальными схемами по обращению с твердыми коммунальными отходами. В связи с этим доля отходов, отправляющихся на переработку была принята за 0, но влияние переработки на суммарный GWP было рассмотрено в анализе чувствительности.

Поскольку основной объем заказов приходится на ФФЦ Софьино было принято решение в базовом сценарии рассмотреть утилизацию упаковки с соответствии с территориальной схемой обращения с ТКО города Москвы [7], согласно которой 77,7% ТКО в 2020 году отправлялись на захоронение на полигон, а 22,3% утилизировались посредством сжигания на МСЗ.

Ввиду того, что существующие заводы по термической утилизации отходов не вырабатывают электроэнергию в сеть, данный процесс был исключен из рассмотрения.

При моделировании захоронения было принято, что отходы размещаются на полигоне, предельная средняя высота которого составляет 15 метров, продолжительность эксплуатации - 25 лет, а процент прямого выброса свалочного газа - 100%. Используемые процессы не включают сбор и обработку свалочного газа, а также очистку фильтрата, ввиду того, что утилизация свалочного газа практически отсутствует на всех полигонах в России.

2.5.1 Окончание жизненного цикла картонной коробки

Утилизация гофрокартона посредством захоронения на полигоне была смоделирована с помощью процесса "treatment of waste

paperboard, unsanitary landfill, wet infiltration class (500mm)", отображающего процессы в географическом регионе GLO (весь мир). Модель учитывает, что в условиях полигона гофрокартон разлагается на 32,44% в течение 100 лет.

Моделирование утилизации отходов гофрокартона посредством сжигания было осуществлено с помощью процесса "treatment of waste paperboard, municipal incineration", относящегося к географическому региону RoW (Rest of the world). Из одного килограмма отходов гофрокартона получается 0,009791 кг шлака и 0,00712 кг остатков, которые впоследствии размещаются на полигоне.

В обоих сценариях утилизации гофрокартон поступал на объект утилизации в общем объеме твердых коммунальных отходов. Доля биогенного углерода в отходах принималась равной 100%.

2.5.2 Окончание жизненного цикла курьерского пакета

Для моделирования процесса захоронения полиэтиленовых отходов на полигоне был использован процесс "treatment of waste polyethylene, unsanitary landfill, wet infiltration class (500mm)". Данные относятся к географическому региону GLO (весь мир). Смоделировано, что полиэтилен в условиях полигона разлагается на 1% в течение 100 лет.

Сжигание полиэтиленовых отходов было смоделировано посредством процесса "treatment of waste polyethylene, municipal incineration". Данные относятся к географическому региону RoW (rest of the world). Из одного килограмма полиэтиленовых отходов получается 0,02398 кг шлака и 0,01002 кг остатков, которые вывозятся на полигон. В процесс включены краткосрочные выбросы в воду из фильтрата, а также долгосрочные выбросы с полигона в грунтовые воды.

Отходы полиэтилена в обоих случаях поступали на объект утилизации в общем объеме твердых коммунальных отходов. Доля биогенного углерода составила 0%.

Также было проведено моделирование утилизации адгезионного материала, служащего для защиты клеевого слоя курьерского пакета. Для этого были использованы процессы "treatment of waste polyethylene terephthalate, unsanitary landfill, wet infiltration class

(500mm)” (географический регион GLO) в случае реализации сценария захоронения отходов на полигоне, а также “treatment of waste polyethylene terephthalate, municipal incineration” в случае окончания жизненного цикла на мусоросжигающем заводе (географический регион RoW). Ввиду сложности состава адгезионного материала, сценарий переработки защитных накладок не рассматривался.

2.6 Анализ чувствительности

2.6.1 Анализ чувствительности к изменению сценария окончания жизненного цикла

Анализ чувствительности необходим для определения воздействия вариаций в допущениях, методах и данных на результаты. В базовом сценарии на этапе окончания жизненного цикла было смоделировано, что использованная упаковка утилизируется в общем объеме ТКО согласно территориальной схеме обращения с отходами г. Москвы. Однако воздействие на данном этапе может значительно меняться при изменении методов обращения с отходами и повсеместного внедрения системы PCO.

В связи с этим была поставлена цель выявить, как использование различных методов обращения с отходами на этапе завершения жизненного цикла влияет на результаты исследования.

В анализе чувствительности рассмотрены следующие сценарии:

1. курьерский пакет и картонная коробка утилизируются посредством захоронения на полигоне;
2. курьерский пакет и картонная коробка утилизируются посредством сжигания на МСЗ;
3. курьерский пакет и картонная коробка отправляются на переработку;

Для моделирования процессов сжигания и захоронения на полигоне для картонной коробки и курьерского пакета в анализе чувствительности были использованы те же процессы базы данных Ecoinvent, что и при моделировании процессов на этапе окончания жизненного цикла, описанные в пункте 2.5.

Ввиду отличия физических характеристик материалов, изготовленных из вторичного сырья, они не могут в полном объеме заменить

первичные материалы. Так, например, для достижения одинаковых прочностных характеристик курьерские пакеты с добавлением вторсырья должны иметь большую толщину (и, соответственно, вес), чем аналогичные пакеты, изготовленные из 100% первичного материала [5]. В связи с этим, в исследовании были использованы коэффициенты замещения, определяющие возможности замещения первичного материала вторичным. Для ПВД, коэффициент был принят аналогичным для ПНД — 0,73, а для гофрокартона — 0,83 [8].

Для производства гранул из вторичного полиэтиленового сырья использованный полиэтилен сначала измельчается и промывается, а затем экструдирован и гранулируется. В связи с отсутствием данных инвентаризации, характеризующих производство вторичного ПВД гранулята, переработка ПВД пакетов была смоделирована посредством процесса для ПНД, «polyethylene production, high density, granulate, recycled», относящегося к географическому региону RoW. Из-за неоднородности состава адгезионного материала, сценарий переработки защитных накладок не рассматривался.

Согласно отчету Центра системных решений [9] основной объем (84%) потребления макулатуры марки МС-5Б (отходы потребления и производства гофрокартона) приходится на сегмент макулатурного тарного картона (МТК). Было смоделировано, что 57% макулатуры, используемой для производства МТК, идет на производство тест-лайнера и 43%⁶ на создание флутинга. При моделировании производства лайнера и флутинга из вторичных материалов использовались процессы, описанные в пункте 2.2.1.

Остальные 16% вторичного сырья используются при производстве бумаги (писчей, газетной) и бумажно-салфеточной продукции (салфеток, бумажных полотенец, туалетной бумаги). Поскольку переработанный гофрокартон не обладает высоким качеством целлюлозы, при моделировании был рассмотрен сценарий переработки части гофроупаковки именно в бумажно-салфеточную продукцию. Для этого был использован процесс 'tissue paper production - RoW', отражающий технологию производства бумажно-салфеточной продукции в географическом регионе RoW. Аналогичный процесс был использован в исследовании [10].

⁶ соотношение 57:43 взято из процесса "corrugated board box production - RoW", описанного в пункте 2.2.1, в таком соотношении по массе лайнер и флутинг используются для производства гофролиста из макулатуры.

Моделирование производства первичной продукции было проведено с помощью следующих процессов:

- “polyethylene production, low density, granulate - RoW” для ПВД гранул;
- “containerboard production, linerboard, kraftliner - RoW” - производство крафт-лайнера (48%); “containerboard production, fluting medium, semichemical - RoW” - производство флютинга (36%); “tissue paper production, virgin - GLO” - производство бумажно-салфеточной продукции (16%);

2.6.2 Влияние региона доставки и территориальной схемы обращения с отходами на суммарный потенциал глобального потепления

Ввиду того, что деятельность Яндекс.Маркета помимо Москвы и МО также осуществляется в других регионах, было решено проанализировать и сравнить, как меняется углеродный след упаковки в зависимости от региона доставки и способа обращения с ТКО в данном регионе. Этапы добычи сырья и производства оставались аналогичными. С базовым сравнивались следующие сценарии:

- заказ упаковывается в ФФЦ Санкт-Петербург, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по г. Санкт-Петербургу [11]: 91% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 9% - сжиганием;
- заказ упаковывается в ФФЦ Самара, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по Ростовской области [12]: 96,1% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 3,9% - сжиганием;
- заказ упаковывается в ФФЦ Ростов-на-Дону, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по Ростовской области [13]: 96,6% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 3,4% - сжиганием;
- заказ упаковывается в ФФЦ Екатеринбург, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по Свердловской области [14]: 99,5% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 0,5% - сжиганием;
- заказ упаковывается в ФФЦ Новосибирск, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с

отходами по Свердловской области [15]: 99,6% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 0,4% - сжиганием.

2.6.3 Влияние способа и количества переиспользований упаковки на суммарный потенциал глобального потепления

В ходе социологического исследования, проведенного Яндекс.Маркетом в феврале 2022, 51% опрошенных ответили, что переиспользовали картонную коробку от заказа хотя бы 1 раз. Согласно результатам опроса, чаще всего коробку используют для постоянного хранения вещей и одежды (63% респондентов). Также коробку используют для совершения почтовых отправлений (42%), сбора и выноса мусора (53%), переезда (25%) и для творчества (39%). Среднее количество переиспользований коробки по результатам опроса составляет 0.9 раз.

Влияние количества переиспользований на суммарный GWP коробки рассмотрено в анализе чувствительности (пункте 4.1.3). Переиспользование курьерских пакетов не рассматривалось в исследовании, поскольку чаще всего при вскрытии происходит нарушение целостности упаковки, что, в совокупности с небольшим объемом данного пакета, приводит к невозможности его повторного использования даже в качестве мусорного пакета.

2.6.4 Влияние наполнителя на суммарный GWP картонной коробки

Для того, чтобы обеспечить сохранность заказа при его транспортировке в картонной коробке, в нее добавляют наполнитель из крафт-бумаги. Наполнитель может занимать до 60% объема коробки, тем самым предотвращая перемещение заказа внутри коробки и сохраняя его товарный вид. Поскольку крафт-бумага является частью упаковки для всех заказов, доставляемых в коробке, было решено провести дополнительное моделирование и выяснить, насколько наполнитель увеличивает суммарный потенциал глобального потепления коробки.

В качестве референтного потока для коробки размером 25x15x10 см является 1 лист крафт-бумаги размером 80x60 см и плотностью 80 г/м². Для моделирования был взят процесс из базы данных Ecoinvent "kraft paper production", относящийся к географическому региону RoW. На этапах транспортировки и утилизации были использованы процессы

аналогичные процессам, использовавшимся для моделирования жизненного цикла коробки.

Глава 3. Оценка воздействия жизненного цикла

По окончании этапа ИАЖЦ проводится оценка воздействия жизненного цикла (ОВЖЦ). Обязательными стадиями данного этапа являются:

- выбор категорий воздействия, показателей категории и характеристических моделей;
- соотнесение результатов ИАЖЦ к выбранным категориям воздействия (классификация);
- вычисление показателей категории (характеризация).

Рисунок 3.1 демонстрирует принцип получения результатов воздействия сравниваемых продуктовых систем на окружающую среду. В результате ИАЖЦ для каждого моделируемого процесса определяются соответствующие эмиссии. На этапе классификации эмиссии распределяются по категориям, после чего, на этапе характеристики, переводятся в эталонные единицы данной категории (для категории «Изменение климата» такой единицей является кг CO₂-экв).

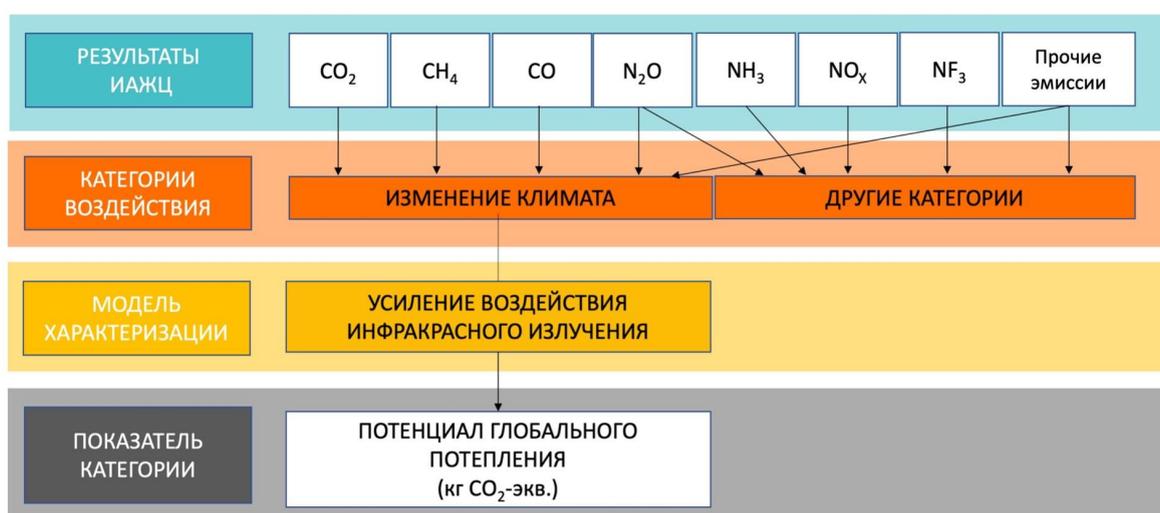


Рисунок 3.1 - Принцип получения показателей категорий воздействия на окружающую среду.

В качестве метода экологической оценки был выбран метод IPCC 2013 GWP 100a, который основан на данных, опубликованных Межправительственной группой экспертов по изменению климата.

Данный метод выражает выбросы парниковых газов в килограммах CO₂-эквивалента за 100 лет. Преобразование выбросов в эталонные единицы категории воздействия происходит на этапе характеристики путем умножения каждого вида выбросов на свой характеристический коэффициент, обновленные значения коэффициентов представлены в отчете IPCC [16].

3.1 Результаты оценки воздействия жизненного цикла исследуемой упаковки

В данном разделе представлены результаты оценки воздействия на окружающую среду каждого этапа жизненного цикла исследуемой упаковки, картонной коробки и курьерского пакета. Результаты ОВЖЦ для упаковки, доставляемой в ПВЗ, а также доставляемой курьером непосредственно до клиента представлены на гистограммах (рисунки 3.2-3.3). Гистограммы отражают вклад в категорию “потенциал глобального потепления” таких этапов жизненного цикла упаковки, как:

- добыча сырья и производство материалов;
- производство курьерского пакета и картонной коробки;
- транспортировка (от производителя упаковки до конечного потребителя);
- окончание жизненного цикла.

Все результаты представлены для эталонных потоков, необходимых для выполнения функции в объеме одной функциональной единицы (доставки 1 заказа), т.е. 1 курьерского пакета и 1 картонной коробки.

Информация о количественных величинах рассчитанных выбросов сведена в таблице П.1 в [приложении А](#).

Оценка воздействия жизненного цикла упаковки, результаты которой представлены на рисунке 3.2, показала, что картонная коробка обладает большим потенциалом глобального потепления (GWP) на всем жизненном цикле, чем курьерский пакет из полиэтилена. В обоих случаях доставки ее суммарный показатель GWP более чем в 7 раз превышает потенциал глобального потепления курьерского пакета (7,12 раз для доставки в ПВЗ и 7,49 раз для курьерской доставки). Также, потенциал глобального потепления (GWP) каждого отдельно взятого этапа жизненного цикла коробки выше аналогичного этапа ЖЦ курьерского пакета.

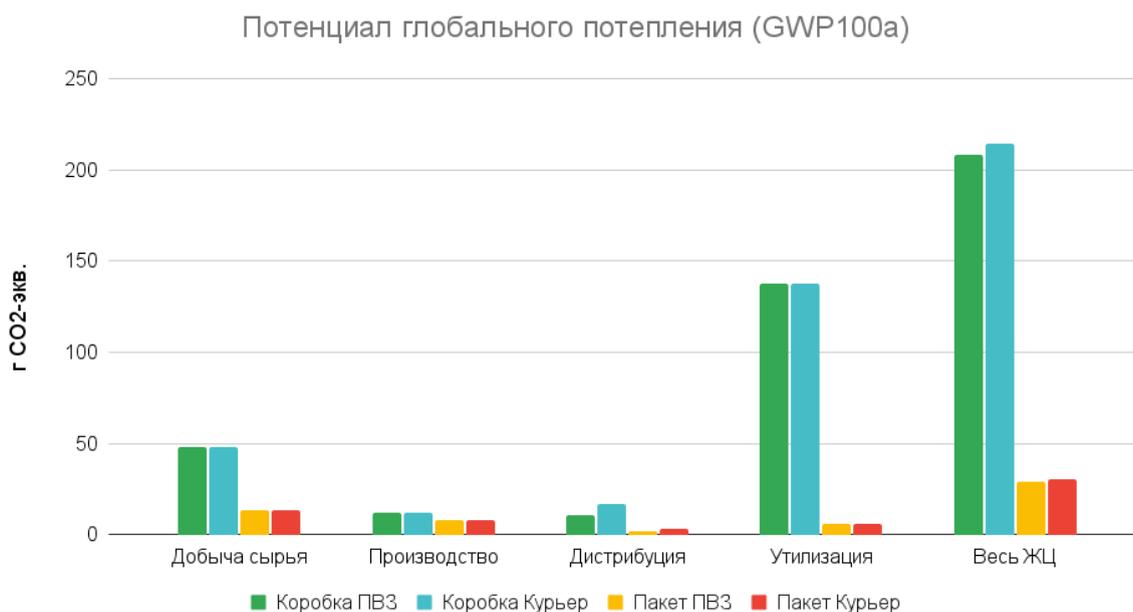


Рисунок 3.2 - Потенциал глобального потепления для жизненного цикла картонной коробки и курьерского пакета.

Анализ воздействия этапа дистрибуции (транспортировки) для обоих типов упаковки показал, что сценарий доставки заказа в ПВЗ характеризуется меньшим потенциалом глобального потепления по сравнению с курьерской доставкой. Так, GWP этапа транспортировки картонной упаковки, доставляемой в ПВЗ, на 50% ниже, чем при доставке заказа в коробке курьером до дома потребителя. Для курьерского пакета доставка заказа в ПВЗ сокращает потенциал глобального потепления на 46% по сравнению с курьерской доставкой. Снижение эмиссий на этапе дистрибуции при выборе доставки заказа в ПВЗ приводит к уменьшению суммарного GWP на 5,15% для картонной коробки и 3,68% для курьерского пакета. Различие эмиссий на этапе транспортировки картонной коробки и курьерского пакета для одного типа доставки обусловлено различием в весе упаковки.

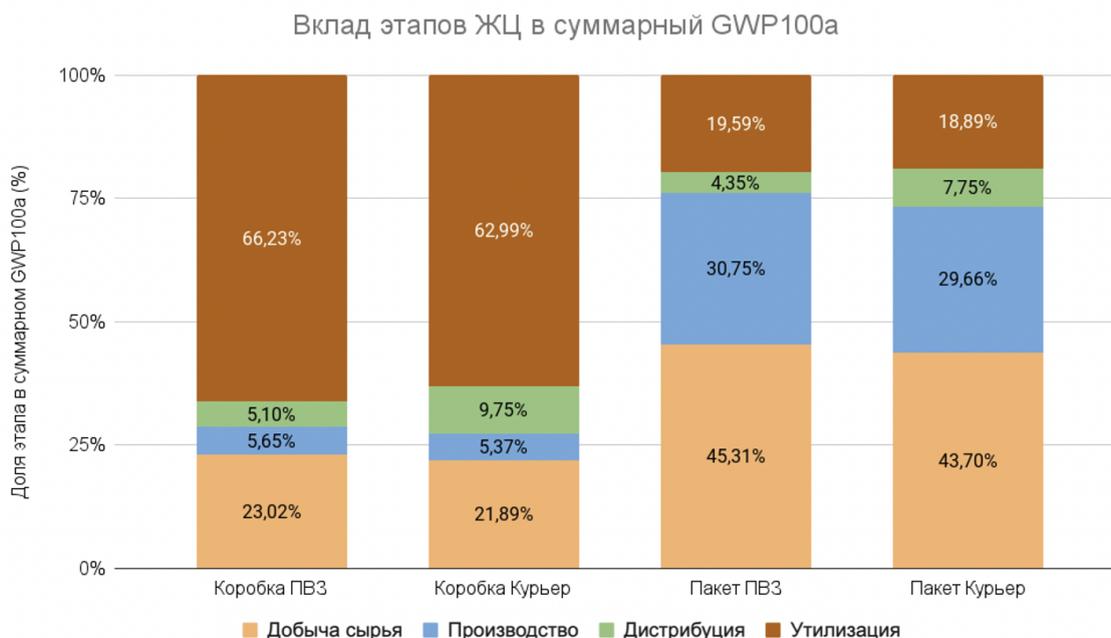


Рисунок 3.3 - Вклад этапов ЖЦ в суммарный показатель GWP 100a.

На рисунке 3.3 представлены вклады каждого из этапов жизненного цикла в суммарный потенциал глобального потепления. Согласно данной гистограмме, наибольший выброс парниковых газов для ЖЦ картонной коробки приходится на этап окончания жизненного цикла. Доля данного этапа составляет в среднем 65% от суммарного GWP (66,23% для коробки, доставляемой в ПВЗ, 62,99% для коробки доставляемой курьером). Ввиду преобладания в России утилизации путем захоронения на полигоне, GWP курьерского пакета на этапе утилизации в 24 раза ниже GWP коробки на данном этапе. Результат обусловлен тем, что, в отличие от коробки, полиэтилен практически не подвергается процессам разложения в условиях полигона и не выделяет парниковые газы. На этап утилизации приходится в среднем 19% парниковых газов, образуемых на всем ЖЦ пакета.

Для курьерского пакета этапами, на которых выделяется наибольшее количество эмиссий, являются этапы добычи сырья (в среднем 44% от суммарного GWP) и производства (в среднем 30% от суммарного GWP). Интересно, что на этапе производства двух упаковок производится примерно одинаковое количество эмиссий. Это связано с тем, что процесс производства пакетов (экструзия) является более энергозатратным.

3.2 Hot-spot анализ этапов cradle-to-gate

Для оптимизации упаковочных решений необходимо определить т.н. “горячие точки” - потоки вносящие наибольший вклад в GWP на этапах добычи сырья и производства упаковки. Ниже представлено распределение вкладов в суммарный потенциал глобального потепления между входящими потоками для картонной коробки (рисунок 3.4) и курьерского пакета (рисунок 3.5).

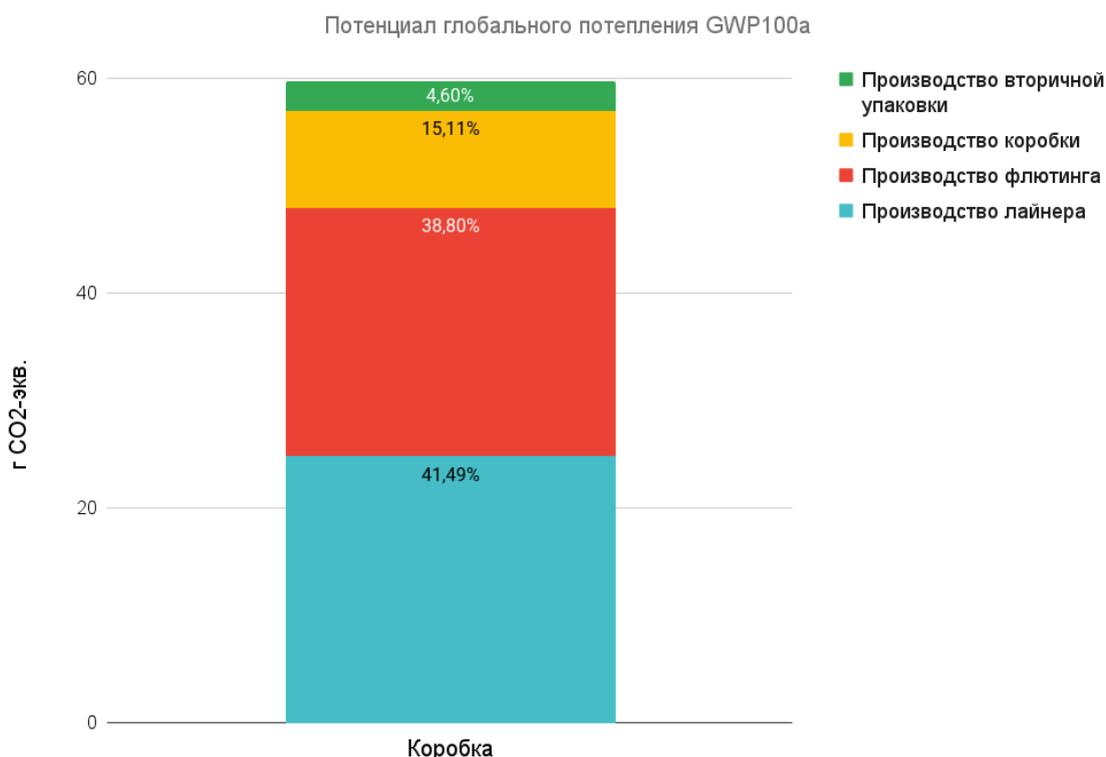


Рисунок 3.4 - Эмиссии на этапах добычи сырья и производства картонной коробки.

На этапы добычи сырья и производства упаковки приходится 28% суммарного выбросов парниковых газов, связанных с жизненным циклом картонной коробки (28,67% для сценария доставки в ПВЗ и 27,67 % при курьерской доставке). Из гистограммы на рисунке 3.4 следует, что на производство лайнера (41,49%) и флютинга (38,80%) приходится 80% выбросов на данных этапах. С процессом производства коробки связано 15,11% парниковых газов, выделяемых на этапах добычи сырья и производства упаковки. Процессы производства коробки из лайнера и флютинга более подробно описан в главе 2.2.1. Доля производства вторичной упаковки в общем объеме

эмиссий, связанных с этапами добычи сырья и производства, не превышает 5%.

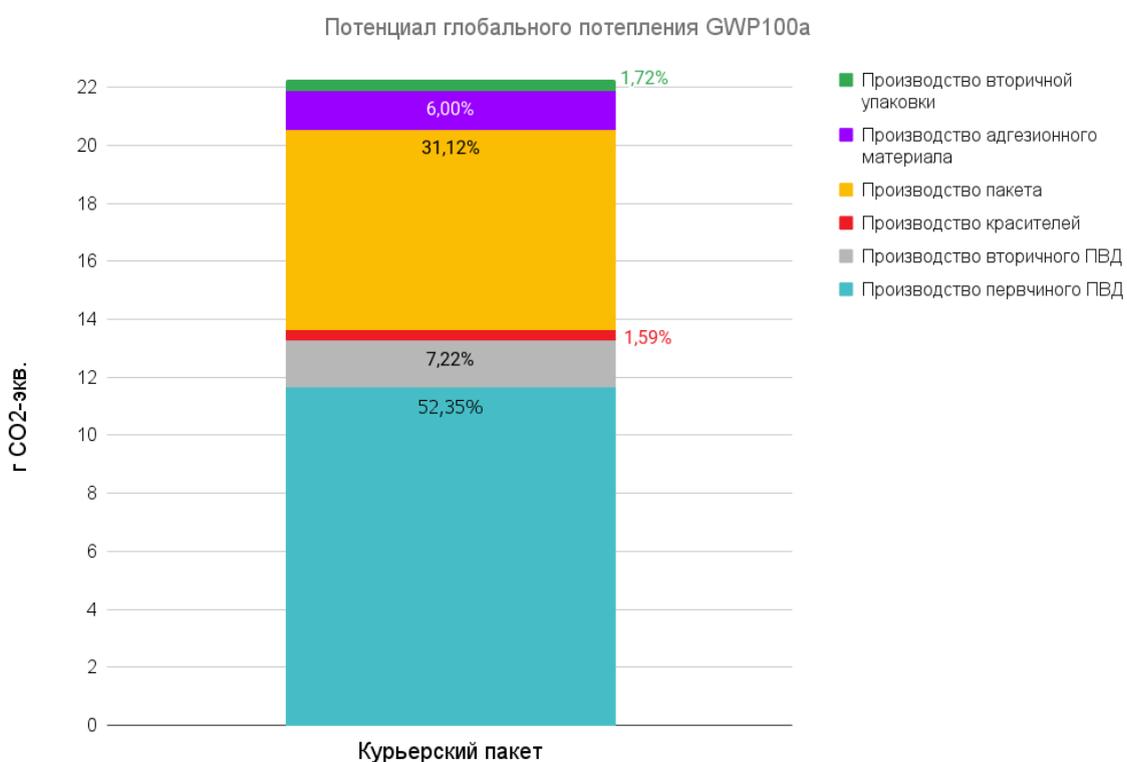


Рисунок 3.5 - Эмиссии на этапах добычи сырья и производства курьерского пакета.

Доля этапов добычи сырья и производства упаковки для курьерского пакета в суммарном GWP упаковки составляет около 75% (76,6% для доставки в ПВЗ и 73,36% для курьерской доставки). Гистограмма на рисунке 3.5 показывает, что на производство первичного ПВХ приходится более половины (52,25%) эмиссий, относящихся к этапам добычи сырья и производства упаковки. При соотношении масс 70:30 (первичный/вторичный ПВХ) доля вторичного ПВХ в суммарном GWP составляет всего 7,22%. Увеличение доли вторичных материалов в составе пакета приведет к снижению суммарного GWP. Также, значительная доля парниковых газов выделяется на этапе производства пакета - 31% от суммарного GWP на рассматриваемых этапах. Большая часть этих эмиссий связаны с производством электроэнергии и тепла, необходимых для экструдирования ПВХ пленки. Сюда также входят эмиссии, связанные с элементарными потоками, участвующими в процессах преобразования сырья в конечный продукт.

3.3 Выводы

Резюмируя полученные результаты, оценка воздействия жизненного цикла картонной коробки и курьерского пакета показала, что:

- потенциал глобального потепления курьерского пакета примерно в 7 раз меньше чем у картонной коробки. Основными причинами являются меньший вес полиэтиленовой упаковки, а также различие в механизмах разложения материалов в условиях полигона (преобладающего способа утилизации в России);
- транспортный след упаковки, доставляемой курьером, почти в 2 раза больше (1,9 - для коробки, 1,8 - для курьерского пакета), чем при доставке заказа в ПВЗ. Однако уменьшение эмиссий на этапе транспортировки в данном случае оказывает незначительное влияние на суммарный GWP, снижая его на 5,15% для коробки и 3,68% - для курьерского пакета.

Таким образом, сравниваемые сценарии можно распределить следующим образом:

Таблица 3.1 - GWP рассматриваемых в исследовании сценариев.

Сценарий	Упаковка	Доставка	GWP100a, г CO2-экв.	Относительный GWP ⁷
1.1	Картонная коробка	ПВЗ	208,36	+612%
1.2		Курьер	219,08	+649%
2.1	Курьерский пакет	ПВЗ	29,25	+0,00%
2.2		Курьер	30,33	+3,68%

⁷ Параметр был рассчитан относительно сценария 2.1 (Курьерский пакет ПВЗ).

Глава 4. Интерпретация результатов

4.1 Анализ чувствительности

4.1.1 Анализ чувствительности этапа окончания жизненного цикла

На этапе завершения жизненного цикла рассматривалось, что использованную упаковку утилизируют вместе с ТКО согласно территориальной схеме обращения с отходами г. Москвы. В ходе анализа чувствительности оценивались различные варианты окончания жизненного цикла, то есть методы обращения с отходами, которые могут быть реализованы в будущем.

Таким образом, следующие параметры были рассмотрены как альтернатива базовому сценарию утилизации:

1. 100% отходов отправляются на полигон;
2. 100% отходов подвергается сжиганию на МСЗ без выработки электроэнергии в сеть;
3. 100% отходов отправляется на переработку;

Результаты анализа чувствительности GWP100a на этапе окончания жизненного цикла для двух исследуемых типов упаковки представлены для на рисунке 4.1.

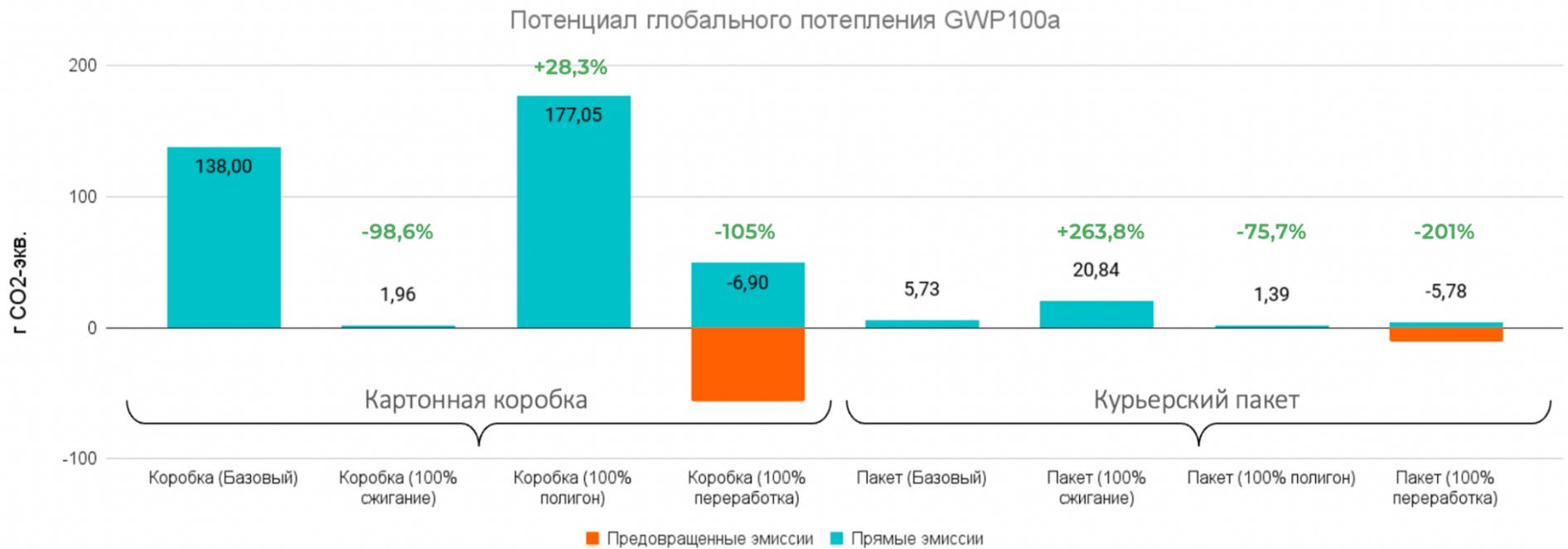


Рисунок 4.1 - Потенциал глобального потепления на этапе окончания жизненного цикла, в зависимости от сценария утилизации.

Этап окончания жизненного цикла составляет более 60% суммарного потенциала глобального потепления картонной коробки, поэтому для данного типа упаковки способ обращения с ней на этапе утилизации имеет особое значения. Наибольшее количество эмиссий выделяется в случае окончания жизненного цикла картонной коробки на полигоне. Так происходит, потому что в условиях свалки гофрокартон анаэробно (без присутствия кислорода) гниет в общей массе отходов, образуя свалочный газ. Более низкий GWP в базовом сценарии объясняется тем, что в качестве альтернативного сценария утилизации используют сжигание. Потенциал глобального потепления сценария окончания жизненного цикла, подразумевающего, что 100% отходов гофрокартона отправляются на сжигание в 70 раз меньше GWP базового сценария. Это обусловлено тем, что гофрокартон содержит биогенный углерод, которые не учитывается при расчете GWP, так как может быть поглощен из атмосферы тем же количеством деревьев, что были использованы при его производстве.

Переработка гофрокартона приводит к значительному сокращению потребления первичного сырья, а, следовательно, к предотвращению появления выбросов парниковых газов, выделяемых в результате его добычи и производства. В связи с этим, суммарный GWP переработки на этапе окончания жизненного цикла, учитывающий прямые и предотвращенные эмиссии, для коробки принимает отрицательное значение. Прямые эмиссии, связанные с переработкой, превышают прямые эмиссии парниковых газов при реализации сценария со 100% сжиганием, но с учетом предотвращенных эмиссий сценарий переработки становится более предпочтительным.

Для курьерского пакета ситуация противоположная. Наибольшим потенциалом глобального потепления обладает сценарий утилизации пакета посредством сжигания. При горении пакет, произведенный из углеводородного сырья, выделяет большое количество парниковых газов. Эмиссии на этапе окончания жизненного цикла при данном сценарии в 3,6 раз превышают эмиссии базового сценария. При этом, попадая на полигон, пластик практически не разлагается и не выделяет парниковые газы. Так, потенциал глобального потепления захоронения пластиковых отходов в 100% объеме на полигоне в 4,1 раза меньше, чем у этапа окончания жизненного цикла базового сценария (когда часть отходов отправлялась на сжигание).

Переработка пластиковых отходов считается наиболее предпочтительным способом обращения с полимерными отходами.

Она позволяет в значительной степени сократить выбросы, образующиеся на этапах добычи и производства сырья. Предотвращенные эмиссии от производства продукции с добавлением вторичного сырья за счет замещения на рынке первичного сырья, превышают прямые эмиссии от процесса переработки. Таким образом, как и для коробки, переработка является наиболее предпочтительным способом обращения с упаковкой, с точки зрения окончания ее жизненного цикла.

Этап окончания жизненного цикла имеет различный вклад в суммарный GWP картонной коробки и курьерского пакета. Влияние способа обращения с упаковкой на этапе окончания жизненного цикла на суммарный потенциал глобального потепления представлено на рисунке 4.2. Информация о численных значениях рассчитанных выбросов приведена в таблице П.2 в [приложении А](#).

В базовом сценарии суммарный GWP коробки превышал суммарный GWP пакета примерно в 7 раз. При реализации сценария, согласно которому отходы обоих видов упаковки в полном объеме направляются на полигон, суммарный потенциал глобального потепления коробки становится в 10 раз больше, чем у курьерского пакета.

При сжигании отходов обоих видов упаковки в полном объеме, различие между коробкой и пакетом, наоборот, сокращается до 1,6 раз. Однако из-за меньшей массы курьерский пакет все еще остается более предпочтительным.

Значительное снижение эмиссий парниковых газов может быть достигнуто в случае направления упаковки на перерабатывающие заводы. Так, потенциал глобального потепления жизненного цикла коробки, направленной на переработку, на 70% меньше, чем у коробки утилизируемой в общем объеме ТКО при текущей инфраструктуре. Переработка курьерского пакета снижает суммарный потенциал глобального потепления на 39% по сравнению с базовым сценарием.

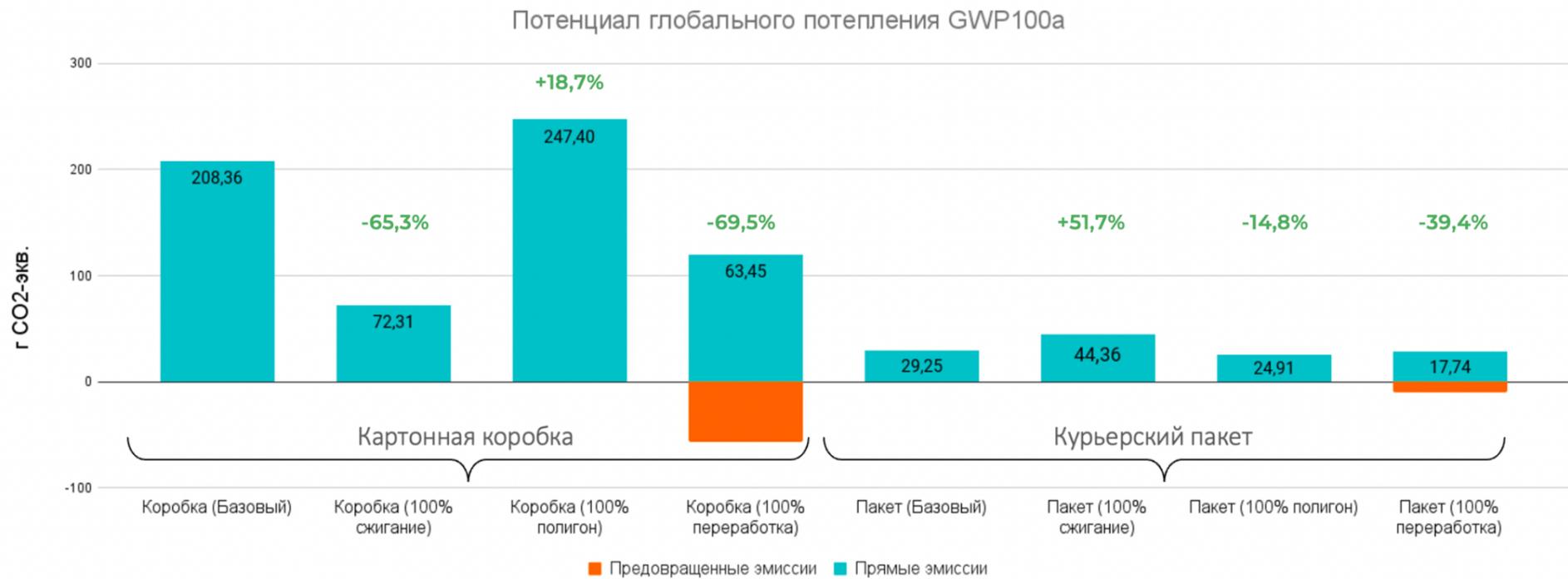


Рисунок 4.2 - Изменение суммарного GWP при различных сценариях обращения с упаковкой.

В рамках социологического исследования, проведенного компанией Яндекс.Маркет, пользователи ответили на вопросы о том, как они обращаются с коробкой после ее использования. На рисунке 4.3 представлена зависимость суммарного потенциала глобального потепления коробки и курьерского пакета от доли клиентов Яндекс.Маркета, направляющих упаковку на переработку после использования.

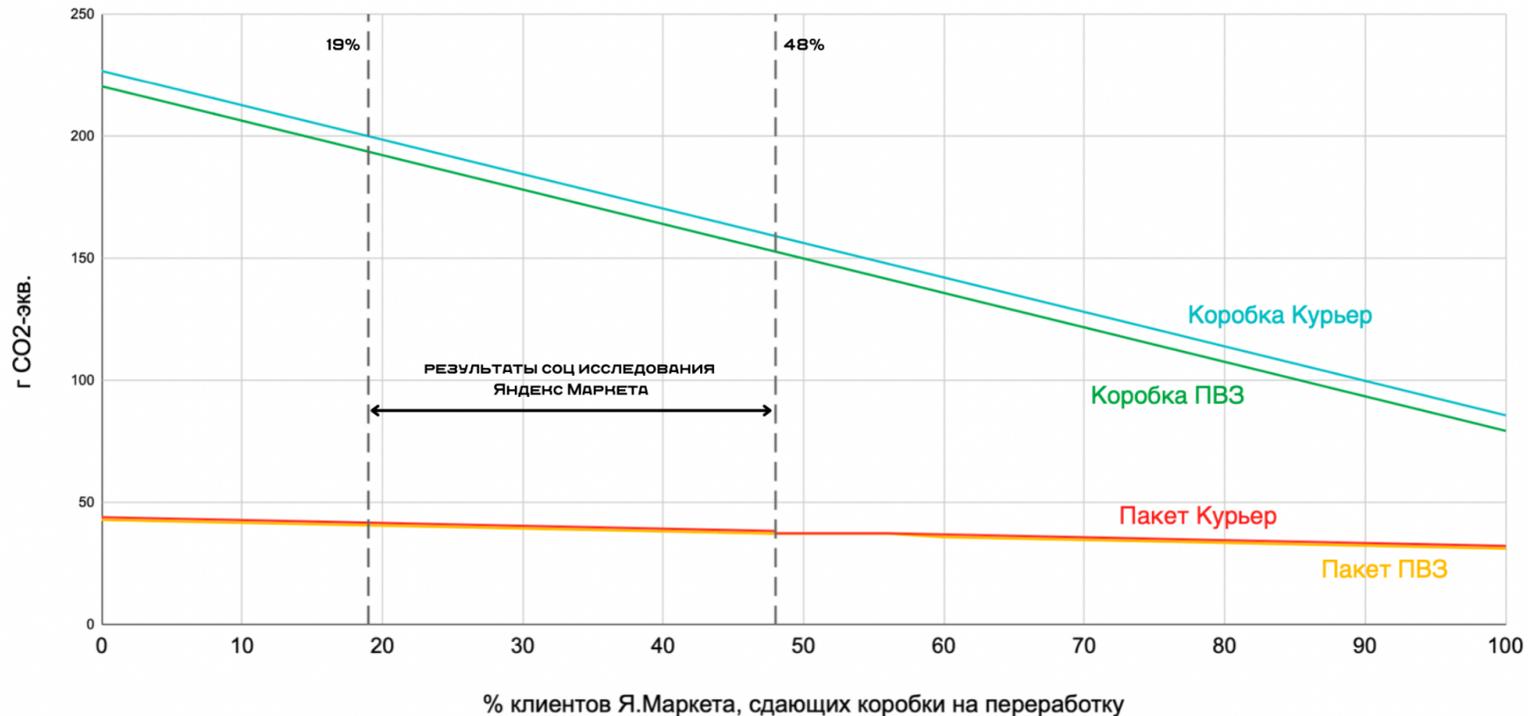


Рисунок 4.3 - Изменение GWP упаковки при увеличении доли клиентов, передающих упаковку на переработку.

В социологическом исследовании поведения потребителей о способах обращения с картонной коробкой, проведенном Яндекс.Маркетом в феврале 2022 года, приняли участие 175 респондентов. Согласно ответам, как минимум 19% респондентов никогда не выбрасывают картонные коробки и всегда сдают их на переработку, в то время как минимум 52% респондентов всегда выбрасывают коробки, никогда не отправляя их на переработку. Однако оставшиеся 29% не смогли ответить однозначно на данный вопрос и потому реальное значение % потребителей находится в диапазоне (от 19% до 48%).

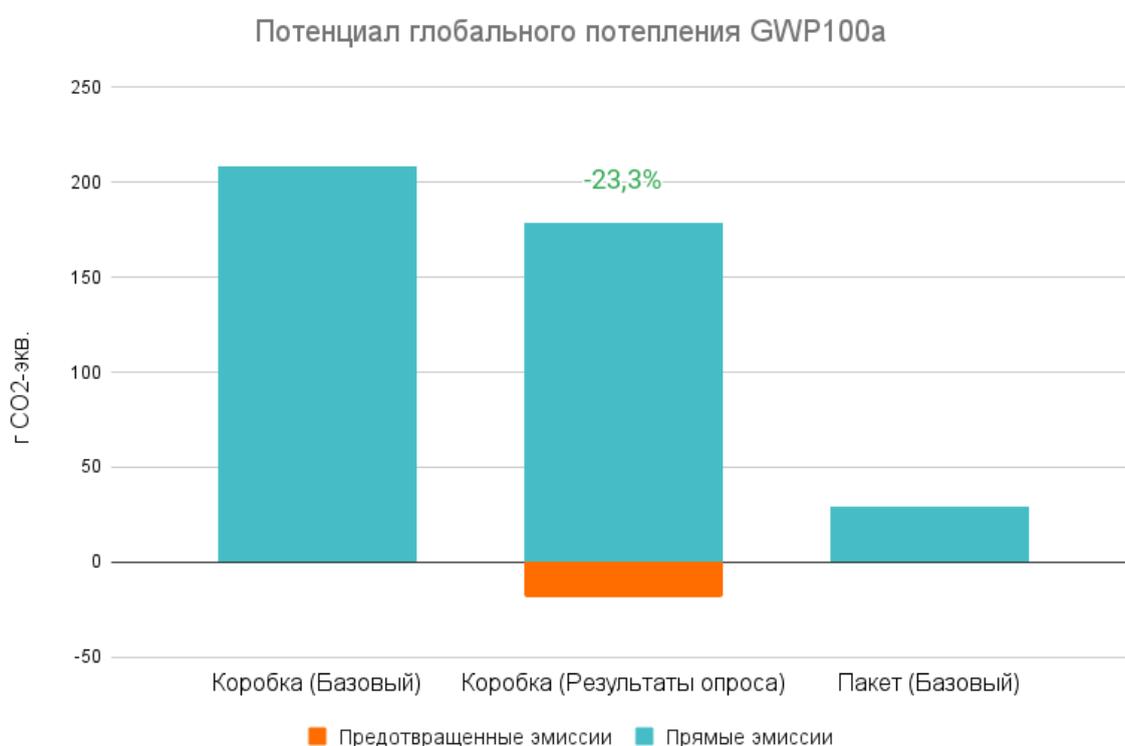


Рисунок 4.4 - Влияние поведения потребителей на результаты базового сценария

На рисунке 4.4 представлены результаты моделирования влияния поведения потребителей на потенциал глобального потепления коробки по сравнению с базовым сценарием утилизации для картонной коробки и курьерского пакета. Если 33,5% клиентов Яндекс.Маркета по окончании использования коробок, передадут их переработчикам, а курьерский пакет будет утилизирован в соответствии с базовым сценарием, то разница в эмиссиях, на всем жизненном цикле, сокращается до 5,46 раз.

4.1.2 Анализ чувствительности полного жизненного цикла к географии

Деятельность Яндекс.Маркета осуществляется помимо Москвы и МО также осуществляется в других регионах. Для грамотного представления результатов исследования относительно обширной географии деятельности компании Яндекс.Маркет была проанализирована зависимость углеродного следа упаковки от региона доставки и инфраструктуры обращения с ТКО в данном регионе. С базовым сценарием сравнивались следующие сценарии:

- заказ упаковывается в ФФЦ Санкт-Петербург, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по г. Санкт-Петербургу [11]: 91% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 9% - сжиганием;
- заказ упаковывается в ФФЦ Самара, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по Ростовской области [12]: 96,1% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 3,9% - сжиганием;
- заказ упаковывается в ФФЦ Ростов-на-Дону, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по Ростовской области [13]: 96,6% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 3,4% - сжиганием;
- заказ упаковывается в ФФЦ Екатеринбург, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по Свердловской области [14]: 99,5% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 0,5% - сжиганием;
- заказ упаковывается в ФФЦ Новосибирск, упаковка утилизируется согласно территориальной схеме обращения с отходами по Свердловской области [15]: 99,6% ТКО утилизируется посредством захоронения на полигоне, 0,4% - сжиганием.

Результаты моделирования представлены на рисунке 4.5 для картонной коробки и на рисунке 4.6 для курьерского пакета. Для каждого типа упаковки сценарии доставки в ПВЗ и курьером отличаются только эмиссиями на этапе транспортировки от СЦ (в случае курьерской доставки GWP этапа дистрибуции выше), поэтому выводы, сделанные для сценария доставки в ПВЗ, будут также справедливы для курьерской доставки. Основное различие на этапе транспортировки для разных регионов наблюдается на этапе доставки от производителя до ФФЦ, а также при доставке от ФФЦ до СЦ. Различия в дистанциях транспортировки на этапах от СЦ до ПВЗ и от

СЦ до клиента для различных регионов незначительны, поэтому на данных этапах они были приняты одинаковыми для всех регионов. В связи с этим, для обоих типов упаковки был рассмотрен только сценарий доставки в ПВЗ. Информация о численных значениях рассчитанных выбросов сведена в таблице П.3 в [приложении А](#).

Рассматриваемые города представлены на гистограммах в порядке увеличения дистанции транспортировки, от самого близкого (базовый сценарий, ФФЦ Софьино, Москва) к самому дальнему (ФФЦ Новосибирск). Транспортный след возрастает пропорционально увеличению дистанции транспортировки, а вместе с ним возрастает и доля эмиссий на этапе дистрибуции относительно суммарного GWP.

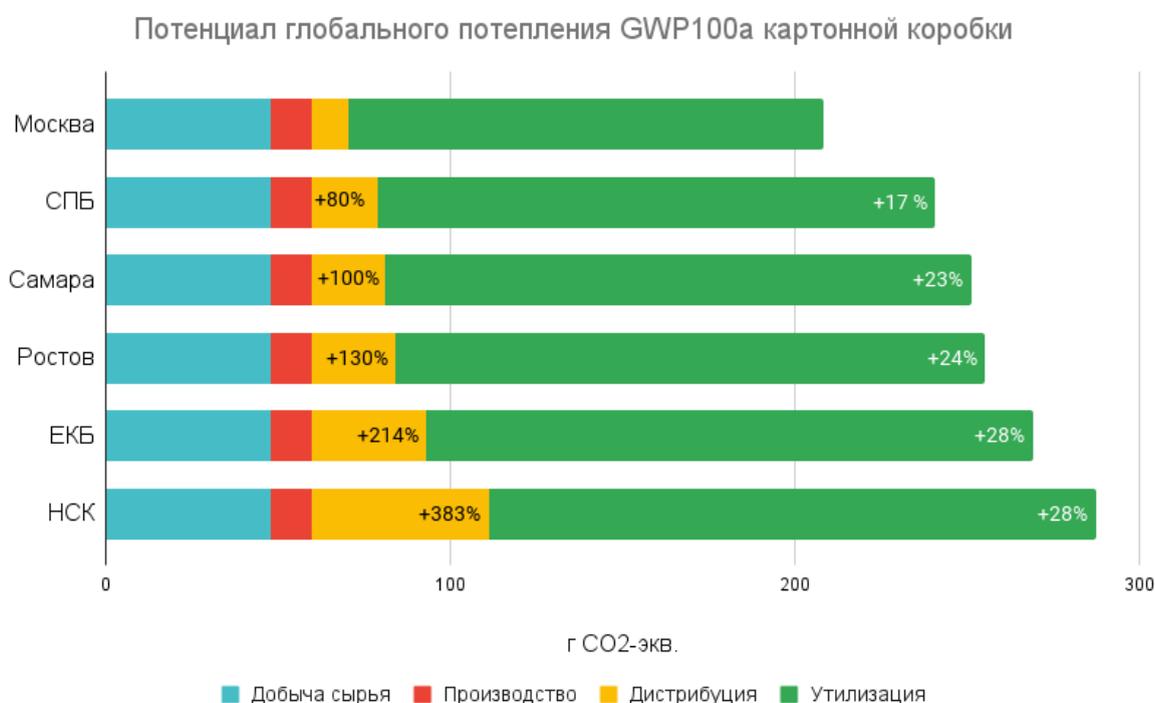


Рисунок 4.5 - Потенциал глобального потепления (GWP100a) для картонной коробки, доставляемой и утилизируемой в различных регионах.



Рисунок 4.6 - Потенциал глобального потепления (GWP100a) для курьерского пакета, доставляемого и утилизируемого в различных регионах.

Рассмотренные города также расположены в порядке увеличения доли ТКО, утилизируемых посредством захоронения на полигоне: начиная с Москвы, где на полигон отправляется 77,7% отходов, заканчивая Новосибирском, для которого этот показатель был принят равным 99,6% в соответствии с территориальной схемой обращения с ТКО.

На гистограммах, представленных на рисунках 4.5-4.6 наблюдается следующая зависимость - увеличение доли ТКО, отправляющихся на сжигание (уменьшение доли ТКО, отправленных на полигон) приводит к уменьшению эмиссий на этапе окончания жизненного цикла для картонной коробки и увеличению эмиссий на этом же этапе для курьерского пакета.

Таким образом, происходит значительное увеличение выбросов парниковых газов на этапе транспортировки в более удаленные города. Преобладающим способом утилизации в этих регионах является захоронение на полигоне. Суммарный потенциал глобального потепления для курьерского пакета, доставляемого и

утилизируемого регионах ниже, чем в базовом сценарии, рассматривающем Москву (кроме Новосибирска, ввиду значительного увеличения GWP на этапе дистрибуции). Для коробки зависимость обратная: суммарный GWP картонной коробки в Москве ниже, чем в любом другом регионе.

Удаленность региональных ФФЦ от поставщиков сказывается на транспортном следе. Для самого удаленного ФФЦ (Новосибирск) доля эмиссий, связанных с доставкой упаковки от поставщиков в региональные ФФЦ, в суммарном потенциале глобального потепления относительно базового сценария (Москвы) увеличивается на 17,9% для курьерского пакета и на 19,5% для картонной коробки.

Численные значения потенциала глобального потепления для всех рассмотренных случаев сведены в таблице 3.2. Также, в таблице представлены значения, относительно базовых сценариев (Москвы) для коробки и пакета (рисунок 4.7).

Таблица 3.2 - Численные значения потенциала глобального потепления исследуемых типов упаковки в различных регионах.

Город	Картонная коробка		Курьерский пакет	
	GWP100a, г CO2-экв.	Относительный показатель	GWP100a, г CO2-экв.	Относительный показатель
Базовый (Москва)	208,36	0,00%	29,25	0,00%
Санкт-Петербург	240,83	+15,59%	27,53	-5,88%
Самара	251,22	+20,57%	27,14	-7,21%
Ростов-на-Дону	255,26	+22,51%	27,19	-7,04%
Екатеринбург	269,21	+29,21%	27,50	-5,97%
Новосибирск	287,41	+37,94%	29,45	+0,68%

4.1.3 Анализ чувствительности к количеству переиспользований

Согласно результатам социологического опроса, 51% респондентов повторно использовали картонные коробки перед тем, как выбросить их или отправить на переработку. Среднее количество повторных использований при этом составило 0,9 раз.

Потенциал глобального потепления GWP100a

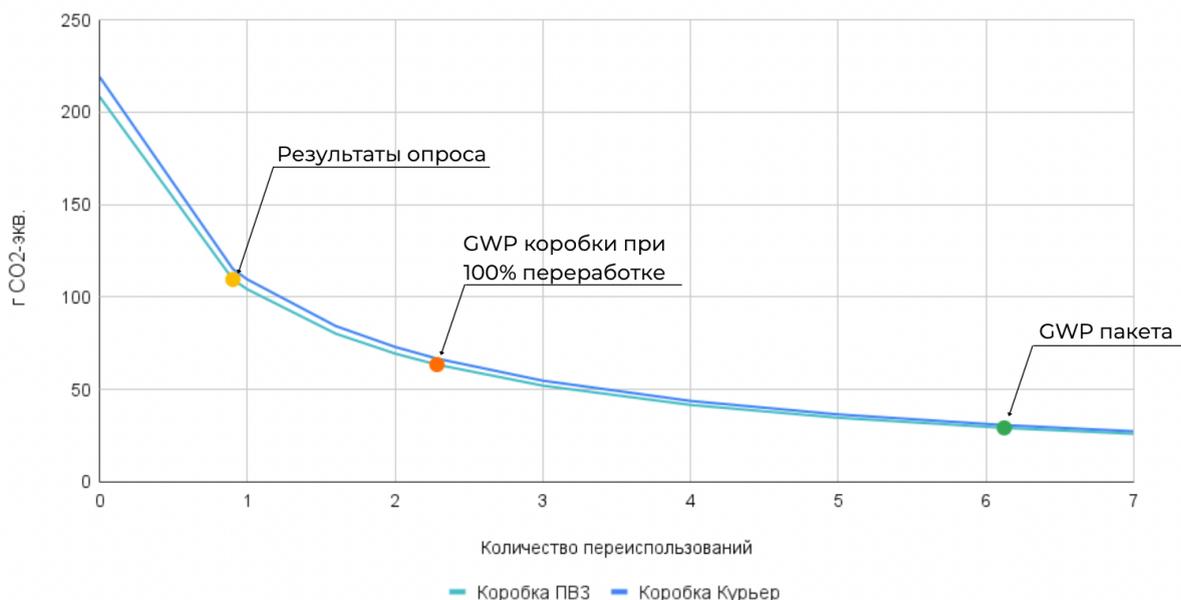


Рисунок 4.7 - Изменение потенциала глобального потепления в зависимости от числа переиспользований.

Зависимость потенциала глобального потепления коробки от числа переиспользований представлена на рисунке 4.7. Отметим, что значению в 0 переиспользований соответствует базовый сценарий обращения с коробкой, т.е. сценарий при котором коробка, выполнив функцию доставки заказа, не переиспользуется и сразу утилизируется в общем объеме ТКО. На графике также представлено значение, соответствующие среднему количеству переиспользований клиентами Яндекс.Маркета (согласно результатам опроса), и значение, соответствующее потенциалу глобального потепления курьерского пакета (способ доставки - ПВЗ). Таким образом, для того, чтобы эмиссии, связанные с жизненным циклом коробки, были сравнимы с эмиссиями курьерского пакета ее необходимо переиспользовать, как минимум, 6 раз (6,12 раз), а согласно результатам опроса 4 и более раз коробку переиспользуют только 5% опрошенных. Тем не менее, при переиспользовании коробки 0,9 раз ее суммарный GWP может быть снижен на 47,5% по сравнению с базовым сценарием.

4.1.4 Анализ чувствительности к добавлению в коробку наполнителя из крафт-бумаги

Согласно результатам моделирования, представленным на рисунке 4.8, 1 лист крафт-бумаги, служащий в качестве наполнителя, увеличивает суммарный GWP упаковки, являющейся альтернативой курьерскому пакету, на 55% в обоих сценариях доставки (ПВЗ/курьерская доставка). Потенциал глобального потепления картонной коробки вместе с наполнителем из крафт-бумаги в 11 раз больше суммарного GWP курьерского пакета (11,04 для сценария доставки в ПВЗ, 11,23 для курьерской доставки).

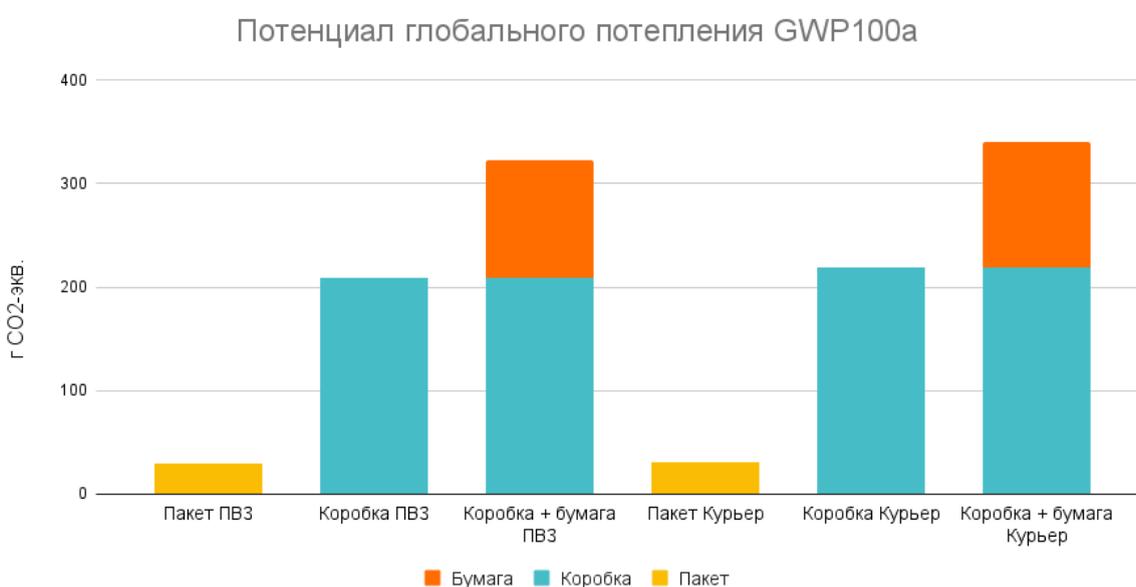


Рисунок 4.8 - Суммарный потенциал глобального потепления для упаковки и наполнителя.

4.2 Анализ качества информации

Информация о вторичной упаковке, способах транспортировки, типах транспортных средств, используемых для транспортировки, а также характеристиках исследуемой упаковки и некоторая информация о производственных процессах была получена непосредственно от компании Яндекс.Маркет и ее поставщиков. В случаях, когда раскрытие информации не представлялось возможным были использованы вторичные источники, научные исследования и справочная информация.

В качестве основного источника данных о производственных процессах была использована база данных Ecoinvent 3.8, которая является одним из ведущих инструментов для проведения исследований в области ОЖЦ в мире. Однако большинство процессов, представленных в базе, основываются на европейских, а не российских технологиях. Исследователи осознают, что ввиду различий в инфраструктуре процессы могут быть не совсем релевантны к контексту, однако процессы были подобраны по принципу подобия их российским технологиям.

Исследование было проведено в соответствии с требованиями к возрасту, полноте и качеству информации, а также к релевантности процессов для выполнения цели и достижения необходимой глубины исследования.

4.3 Интерпретация результатов и рекомендации

В анализе чувствительности было рассмотрено 3 дополнительных сценария окончания жизненного цикла упаковки. Изменение способа обращения с упаковкой на завершающем этапе может как увеличить, так и уменьшить эмиссии, связанные с ее жизненным циклом. Так, например, утилизация курьерских пакетов посредством сжигания приводит к увеличению выделяемых парниковых газов на этапе окончания жизненного цикла и, как следствие, к увеличению суммарного GWP пакета в 1,5 раза. В городах, где доля ТКО, направляемых на утилизацию посредством сжигания выше, курьерский пакет обладает большим потенциалом глобального потепления.

Ввиду того, что наибольший вклад в GWP коробки вносит именно этап окончания жизненного цикла, значение ее суммарного потенциала глобального потепления в большей степени зависит от способа утилизации. Поскольку в условиях полигона коробка подвергается анаэробному разложению, а также ввиду преимущественного отсутствия системы сбора свалочного газа, сценарий утилизации коробки посредством захоронения связан с наибольшим количеством эмиссий. Результаты анализа показывают, что сжигание коробок из гофрокартона может привести к снижению эмиссий парниковых газов на этапе утилизации. В городах, где доля ТКО направляемых на полигон снижена, суммарный GWP коробки, соответственно, ниже.

Для обоих типов упаковки наиболее углеродно нейтральным способом обращения является переработка. Таким образом, приоритетной задачей является повышение доли клиентов Яндекс.Маркета, передающих упаковку на переработку. Было показано, что в обоих случаях предотвращенные выбросы превышают прямые эмиссии, связанные с переработкой, тем самым снижая суммарный потенциал глобального потепления картонной коробки и курьерского пакета. Отметим, что для картонной коробки переработка связана с большим количеством предотвращенных эмиссий парниковых газов, однако это объясняется различием массы исследуемых упаковок и коэффициентов замещения первичных материалов вторичными.

Переработка для различных фракций (гофрокартона и пленки) может развиваться с разной скоростью. Так, например, инфраструктура для сбора макулатуры у населения развита в большей степени, чем для сбора полимерной пленки. Поэтому важным результатом исследования является возможность сравнить потенциал глобального потепления упаковок при различных условиях утилизации.

Согласно результатам исследования влияния переиспользования картонную коробку необходимо переиспользовать, как минимум, 6 раз, чтобы ее потенциал глобального потепления был сравним с GWP курьерского пакета. Интересным результатом является то, что для снижения GWP коробки до значения, соответствующего сценарию, при котором 100% использованных коробок отправляются на переработку, необходимо переиспользовать ее порядка 1,8 раз.

При доставке товаров в картонной коробке зачастую необходимо использовать наполнитель, заполняющий пустоты и обеспечивающий сохранность товара при транспортировке. В исследовании было показано, что наполнитель из крафт-бумаги, его при утилизации в общем объеме ТКО, увеличивает GWP гофроупаковки на 55%.

Заключительные выводы

Оценка жизненного цикла упаковок Яндекс.Маркет была проведена компанией Простое дело с использованием международной базы данных Ecoinvent 3.8.

Исследование проводилось в соответствии с Международными стандартами ISO 14040 и 14044, однако отчет не претендует на строгое соответствие стандартам. Отчет предназначен для внутренней поддержки принятия решений в компании Яндекс.Маркет.

В работе проанализированы жизненные циклы упаковок наиболее часто используемых для доставки заказов клиентам Яндекс.Маркета. Оценка экологических нагрузок, оказываемых на окружающую среду на всех этапах жизненного цикла картонной коробки и курьерского пакета, показала, что с жизненным циклом курьерского пакета связано в 7 раз меньше эмиссий парниковых газов, чем с жизненным циклом картонной коробки. При этом для обеих упаковок меньшим потенциалом глобального потепления обладает сценарий доставки в ПВЗ.

Воздействие на окружающую среду, оказываемое курьерским пакетом, в большей степени связано со стадиями добычи сырья и производства материалов, а также стадией производства самой упаковки. Увеличение доли вторичного сырья в составе пакета может снизить суммарный потенциал глобального потепления упаковки.

Поскольку не все заказы можно доставить в курьерских пакетах (например, хрупкие заказы или заказы с острыми краями) отказаться от картонных коробок в полном объеме не представляется возможным, однако можно значительно снизить потенциал глобального потепления данного типа упаковки. Наибольшее количество эмиссий для картонной коробки связано с этапом окончания жизненного цикла, поэтому для снижения потенциала глобального потепления необходимо по возможности предотвращать ее попадание на полигон.

Отказ от утилизации упаковки в общем объеме ТКО и передача ее переработчикам значительно снижает эмиссии парниковых газов, связанных с этапом окончания жизненного цикла картонной коробки и курьерского пакета. На GWP коробки “эффект” переработки сказывается сильнее, поскольку в базовом сценарии наибольший вклад в суммарный потенциал глобального потепления вносил

именно этап утилизации. В работе было рассмотрено, как увеличение доли клиентов Яндекс.Маркета выбирающих передавать упаковку на переработку сказывается на суммарном объеме парниковых газов, связанных с жизненным циклом упаковки.

Ввиду различного уровня развития системы PCO в различных регионах, удаленности переработчиков и других сдерживающих факторов, в некоторых случаях передача упаковки на переработку может быть затруднена. Однако, есть и другой, более эффективный метод снижения GWP упаковки. Таким методом является переиспользование.

Исследование может быть усовершенствовано и ниже представлены направления для улучшения исследования данной темы:

- Рассмотреть другие категории воздействия (например, токсичность для человека, пресноводная экологическая токсичность, замусоривание и другие);
- Исследовать возможность повторного использования для курьерского пакета. В настоящее время курьерские пакеты не используются повторно, поскольку при вскрытии нарушается их целостность, а также отсутствует возможность повторного запечатывания пакета. Есть примеры, когда международная курьерская служба в качестве упаковки использует модифицированный курьерский пакет, который можно использовать повторно (например, для отправки возврата) [17]. Его отличие от курьерского пакета, рассмотренного в исследовании заключается в том, что он имеет 2 клейкие полосы. Таким образом, получатель может использовать вторую полосу и обеспечить надежную защиту вложения при второй пересылке.

Список литературы

- 1) Яндекс.Маркет: количество уникальных покупателей на сервисе достигло 6 миллионов (январь 2021) URL: <https://market.yandex.ru/blog/yandeks-market-kolichestvo-unikalnykh-pokupateley-na-servise-dostiglo-6-millionov>
- 2) ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework (пересмотрен в 2022) URL: <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- 3) ISO 14044:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines (пересмотрен в 2022) URL: <https://www.iso.org/standard/38498.html>
- 4) Рынок макулатуры в России. Центр системный решений (апрель 2020) URL: https://gofro.expert/wp-content/uploads/2020/04/200416_Prezentatsiya-po-ryнку_Final.pdf
- 5) Life Cycle Assessment of Courier Bags. Thinkstep LTD (март 2021) URL: <https://www.thinkstep-anz.com/resrc/reports/nz-post-lca-study-on-courier-bags-packaging-post-more-sustainably/>
- 6) Electricity generation by source. International Energy Agency URL: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>
- 7) Территориальная схема обращения с отходами города Москвы (2021): URL: https://www.mos.ru/upload/documents/files/1430/0_ProektTSOO.pdf.
- 8) Environmental performance of household waste management in Europe - An example of 7 countries. Bassi S.A. et al. (август 2017) DOI: [10.1016/j.wasman.2017.07.042](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.042)
- 9) Рынок макулатуры марки МС-5Б, тарного картона и макулатурной продукции в 2019 (август 202) URL: <https://ukobf.ru/expertise/analytics/Rynok-makulatury-marki-MS-5B-tarnogo-kartona-i-nbsp-gofroproduksii-v-nbsp-2019-godu.html>
- 10) Life Cycle Assessment of Existing and Alternative Options for Municipal Solid Waste Management in Saint Petersburg and the Leningrad Region, Russia. Zaikova et al. (2022) URL: <https://doi.org/10.3390/recycling7020019>
- 11) Территориальная схема обращения с отходами производства и потребления. Распоряжение комитета по благоустройству г.Санкт-Петербурга (май 2021) URL: https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2021/05/21/16/Territorialnaya_skhema.pdf

- 12) Приказ об утверждении территориальной схемы обращения с отходами Самарской области (июль 2018) URL: <https://docs.cntd.ru/document/434606836>
- 13) Постановление Об утверждении отчета о реализации государственной программы Ростовской области «Охрана окружающей среды и рациональное природопользование» (март 2020) URL: <https://www.donland.ru/documents/11638/>
- 14) Территориальная схема обращения с отходами производства и потребления на территории Свердловской области (ноябрь 2021) URL: https://energy.midural.ru/wp-content/uploads/2021/11/p_15.11.2021_499_ts.pdf
- 15) Постановление о внесении изменений в постановление Правительства Новосибирской области от 19.01.2015 N 10-п (октябрь 2021) URL: <https://docs.cntd.ru/document/465746658?marker>
- 16) IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- 17) Sustainable packaging. FedEx URL: <https://www.fedex.com/en-us/shipping/packing/supplies/sustainable-packaging.html>
- 18) Part A: LCA calculation rules and report requirements v 2018. SM Transparency ReportTM / EPD Framework URL : http://www.sustainableminds.com/files/transparency/SM_Part_A_LCA_calculation_rules_and_report_requirements_2018.pdf

Приложение А - Результаты оценки воздействия жизненного цикла

Таблица П.1 - Потенциал глобального потепления (г CO₂-экв.) исследуемых упаковок при различных способов доставки и базовом сценарии утилизации.

Сценарий	Базовый (Москва)			
	Картонная коробка		Курьерский пакет	
Тип упаковки				
Способ доставки	ПВЗ	Курьер	ПВЗ	Курьер
Этап/Кат. воздействия	GWP 100a, г CO ₂ -экв.			
Добыча сырья и производство материалов	47,95	47,95	13,25	13,25
Производство упаковки	11,78	11,78	8,99	8,99
Транспортировка	10,62	21,35	1,27	2,35
Окончание ЖЦ	138,00	138,00	5,73	5,73
Полный ЖЦ	208,36	219,08	29,25	30,33

Таблица П.2 - Потенциал глобального потепления (GWP100a, г CO2-экв.) исследуемых упаковок (способ доставки ПВЗ) при различных сценариях утилизации.

Тип упаковки	Картонная коробка					Курьерский пакет			
	Базовый	100% сжигание	100% полигон	100% переработка	Результаты опроса ⁸	Базовый	100% сжигание	100% полигон	100% переработка
Этап	GWP 100a, г CO2-экв.					GWP 100a, г CO2-экв.			
Добыча сырья	47,95	47,95	47,95	47,95	47,95	13,25	13,25	13,25	13,25
Производство упаковки	11,78	11,78	11,78	11,78	11,78	8,99	8,99	8,99	8,99
Транспортировка	10,62	10,62	10,62	10,62	10,62	1,27	1,27	1,27	1,27
Окончание ЖЦ: прямые выбросы	138,00	1,96	177,05	49,46	108,34	5,73	20,84	1,39	4,55
Окончание ЖЦ: предотвращенные выбросы	0,00	0,00	0,00	-56,36	-18,88	0,00	0,00	0,00	-10,24
Полный ЖЦ	208,36	72,31	247,40	63,45	159,81	29,25	44,36	24,91	17,83

⁸ 33,5% клиентов отправляют картонную коробку на переработку, остальное утилизируется в общем объеме ТКО по базовому сценарию.

Таблица П.3 - Потенциал глобального потепления (GWP100a, г CO2-экв.) исследуемых упаковок (способ доставки ПВЗ) в зависимости от региона доставки и утилизации.

Тип упаковки	Картонная коробка					
Сценарий	Базовый (Москва)	Санкт-Петербург	Самара	Ростов-на-Дону	Екатеринбург	Новосибирск
Этап/Кат. воздействия	GWP 100a, г CO2-экв.					
Добыча сырья	47,95	47,95	47,95	47,95	47,95	47,95
Производство упаковки	11,78	11,78	11,78	11,78	11,78	11,78
Транспортировка	10,62	19,09	21,27	24,44	33,31	51,34
Окончание ЖЦ	138,00	162,01	170,22	171,09	176,17	176,35
Полный ЖЦ	208,36	240,83	251,22	255,26	269,21	287,41
Тип упаковки	Курьерский пакет					
Сценарий	Базовый (Москва)	Санкт-Петербург	Самара	Ростов-на-Дону	Екатеринбург	Новосибирск
Этап/Кат. воздействия	GWP 100a, г CO2-экв.					
Добыча сырья	13,25	13,25	13,25	13,25	13,25	13,25
Производство упаковки	8,99	8,99	8,99	8,99	8,99	8,99
Транспортировка	1,27	2,22	2,74	2,89	3,77	5,73
Окончание ЖЦ	5,73	3,06	2,15	2,05	1,49	1,47
Полный ЖЦ	29,25	27,53	27,14	27,19	27,50	29,45

Таблица П.4 - Потенциал глобального потепления (GWP100a, г CO2-экв.) исследуемых упаковок и картонной коробки с наполнителем из крафт-бумаги.

Сценарий	Базовый (Москва)					
	Курьерский пакет		Картонная коробка		Картонная коробка + крафт-бумага	
Способ доставки	ПВЗ	Курьер	ПВЗ	Курьер	ПВЗ	Курьер
Этап/Кат. воздействия	GWP 100a, г CO2-экв.					
Добыча сырья и производство материалов	13,25	13,25	47,95	47,95	47,95	47,95
Производство упаковки	8,99	8,99	11,78	11,78	38,81	38,81
Транспортировка	1,27	2,35	10,62	21,35	11,32	28,80
Окончание ЖЦ	5,73	5,73	138,00	138,00	224,88	224,88
Полный ЖЦ	29,25	30,33	208,36	219,08	322,96	340,44

Приложение Б - Используемые формулы

1. Формула расчета **расхода стрейч-пленки** на 1 поддон (паллету):

$$L = \frac{P \cdot h \cdot n}{0,25 \cdot (1 + \frac{k}{100})}$$

где L - расход пленки (м),

P- периметр поддона (м),

h - высота груза на поддоне (м),

n - число обмоток,

k - коэффициент растяжения.

К полученному результату была добавлена поправка на потери при ручной обмотке 12,5 %.

2. Формула расчета **дистанции транспортировки**:

Все СЦ, куда осуществляется доставка из определенного ФФЦ, были поделены на 4 группы: СЦ на расстоянии менее 100 км, СЦ на расстоянии от 100 до 500 км, СЦ на расстоянии от 500 до 1000 км и СЦ на расстоянии более 1000 км. Для каждой такой группы с помощью Яндекс.Карт по принципу кратчайшего плеча были построены маршруты и рассчитаны средние расстояния, преодолеваемые транспортными средствами на данной дистанции ($s_{дист_N}$, где N - номер группы).

На основе данных о транспортных средствах (ТС), имеющихся в наличии в автопарке, и дистанциях транспортировки, были рассчитаны:

- $\alpha_{ТС}$ - доля ТС от общего количества ТС в автопарке, которые используются для доставки на данной дистанции;
- $\beta_{ТС}$ - доля ТС конкретного типа от общего числа ТС, которые используются для доставки на данной дистанции.

Средневзвешенное расстояние ($S_{ТС}$) для транспортного средства конкретного типа рассчитывалось, как сумма (для каждой группы

дистанций) произведений среднего расстояния на дистанции на долю ТС конкретного типа в общем количестве машин в автопарке ($\alpha_{\text{ТС}} \cdot \beta_{\text{ТС}}$).

$$S_{\text{ТС}} = \sum s_{\text{дист}_N} \cdot \alpha_{\text{ТС}} \cdot \beta_{\text{ТС}}$$

3. Общая формула расчета **ЭМИССИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЭТАПОМ ОКОНЧАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА:**

В общем случае эмиссии, связанные с этапом окончания жизненного цикла (E_{EoL}) можно описать формулой

$$E_{\text{EoL}} = A \cdot E_r + (1 - A) \cdot (B \cdot E_l + C \cdot E_i)$$

где

E_r - эмиссии, связанные с переработкой упаковки;

E_l - эмиссии, выделяемые в результате захоронения упаковки на полигоне;

E_i - эмиссии, выделяемые в ходе утилизации упаковки посредством сжигания;

A - доля клиентов Яндекс.Маркета, сдающих упаковку на переработку;

B и C - доля ТКО, утилизируемых посредством захоронения на полигоне и сжигания, соответственно (определяются в соответствии с территориальными схемами обращения с ТКО).

Приложение В - Критический анализ

5 Заявление о критическом анализе

(Critical review statement)

Нижеподписавшийся эксперт-рецензент (*reviewer*) подтверждает, что исследование, представленное в пункте 1.1., было выполнено в соответствии с принципами стандарта ИСО 14040 и требованиями стандарта ИСО 14044 и включает в себя всю необходимую информацию. Выводы исследования соответствуют его целям и отображают допущения присутствующие в Исследовании.



Евгения Кузнецова*,

Руководитель органа по сертификации «Экологический союз»,

Head of the certification body Ecological Union,

г. Санкт-Петербург, Россия