

Интерактивная система поддержки принятия решения по выбору бытовой упаковки на основе анализа жизненного цикла в экологическом маркетинге

Е.В. Смирнова, директор по развитию, канд. экон. наук¹

Е.А. Пермина, магистрант²

П.Ю. Чумаченко, доцент, канд. техн. наук²

¹Экобюро GREENS, г. Москва

²Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

e-mail: elena.smirnova@greens-eco.ru

Ключевые слова:

жизненный цикл,
оценка жизненного цикла,
инвентаризационный анализ,
упаковка.

На всех этапах своего существования любая продукция взаимодействует с окружающей средой — начиная от добычи ресурсов для производства и заканчивая утилизацией или вторичной переработкой. Стандарт ИСО 14 040 «Оценка жизненного цикла» позволяет полностью описать это взаимодействие и уже на основе полученной информации формулировать рекомендации по изменению процессов в производстве, эксплуатации и утилизации исследуемой продукции. В представленной статье оценка жизненного цикла рассматривается на примере упаковки на кассах: пластиковой различных типов, бумажной, тканевой. Показано, что только оценка жизненного цикла позволяет сделать выбор экологичной упаковки, наносящей минимальный вред окружающей среде.

1. С чего все началось и для чего это нужно

Оценка жизненного цикла (Life cycle assessment, LCA) — относительно новый инструмент в экологическом маркетинге. В 1970 г. во время нефтяного кризиса впервые возник вопрос об оптимизации производства и использования конечного продукта. Главный интерес при этом вызывал экологический эффект на всем «жизненном пути» производимого продукта: от добычи ресурсов и сырья для изготовления до полного уничтожения или переработки. Для полного описания такого взаимодействия между продуктом и окружающей средой и была предложена оценка жизненного цикла (ОЖЦ). Другими словами, ОЖЦ — это инструмент, позволяющий оценить экологическое воздействие, наносимое продуктом на всех этапах его «жизненного пути». Анализ жизненного цикла широко используется для принятия и обоснования решений при изготовлении товаров и оказании услуг. Он служит одним из ведущих инструментов экологического менеджмента в Европейском Союзе.

Правила проведения ОЖЦ описаны Международной организацией по стандартизации (ИСО) в

стандартах ИСО серии 14 000, в частности в стандарте ИСО 14040 «Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура» [1]. При проведении оценки жизненного цикла происходит сбор информации о взаимодействии исследуемой продукции с окружающей средой. Полученные данные можно использовать для совершенствования предлагаемого товара (услуги, сервиса) с точки зрения экономии ресурсов и охраны окружающей среды.

2. Понятие жизненного цикла продукта

Жизненный цикл (life cycle) продукта — это ключевое понятие в ОЖЦ. Согласно стандарту ИСО 14040, жизненный цикл — это «последовательные и взаимосвязанные стадии жизненной системы продукта или процесса, начиная с добычи природных ресурсов и заканчивая утилизацией отходов» (рис. 1) [1]. Надо отметить, что под продуктом в стандарте ИСО 14040 понимается не только физический товар, но и некие услуги.

ОЖЦ необязательно рассматривает все этапы жизненного цикла. В зависимости от поставленной задачи исследования может затрагиваться лишь его

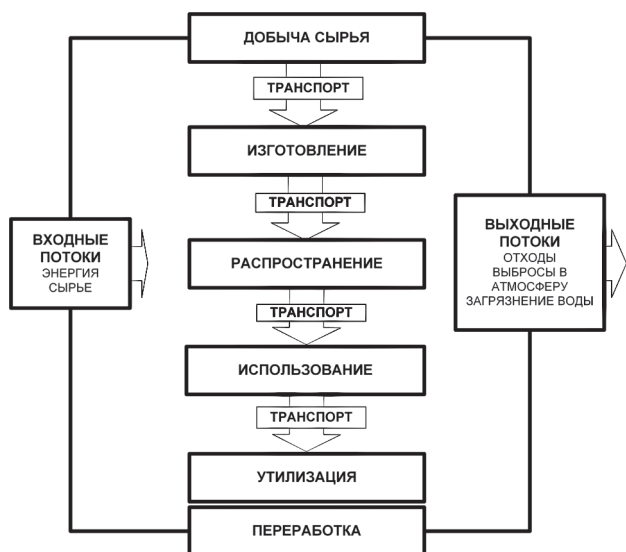


Рис. 1. Этапы жизненного цикла продукта

часть. В связи с этим существует несколько базовых типов ОЖЦ.

От колыбели до могилы (Cradle-to-grave). Это полный жизненный цикл — от извлечения сырья (колыбель) до уничтожения продукта (могила). Рассматриваются не только этапы производства продукции, но и непосредственно добыча природных ресурсов, изготовление полуфабрикатов, сопутствующее производство, а также транспортировка, использование, размещение отходов, переработка, возврат в окружающую среду и т.п.

От колыбели до ворот (Cradle-to-gate). Здесь используется часть жизненного цикла — от извлечения сырья (колыбель) до поставки продукции другим производителям (ворот), которые будут заниматься ее непосред-

ственным распространением. Этапы использования и переработки в данном типе не рассматриваются.

От колыбели до колыбели (Cradle-to-cradle). В данном случае рассматривается полный жизненный цикл продукции, а также процесс вторичной переработки.

3. Этапы оценки жизненного цикла согласно стандартам ИСО

Согласно стандартам ИСО серии 14040 оценка жизненного цикла делится на четыре части [2]:

- определение цели и области применения (ИСО 14041);
- инвентаризационный анализ жизненного цикла (ИСО 14041);
- оценка воздействия на протяжении жизненного цикла (ИСО 14042);
- интерпретация жизненного цикла (ИСО 14043).

Ключевая особенность ОЖЦ, дающая ей гибкость, — это возможность корректировки принятых параметров на каждом этапе в зависимости от полученных результатов. Другими словами, на каждом этапе ОЖЦ можно вернуться к предыдущему, для внесения изменений, основанных на накопленном опыте.

3.1. Определение цели и области применения.

При определении цели и области применения определяется цель исследования и границы изучаемой системы (временные и пространственные), перечисляются и описываются используемые источники данных, а также методы оценки экологического воздействия. Выбор методов должен быть обоснован.

При определении границ продукционной системы важно:

- определить процессы, относящиеся к изучаемой продукционной системе;



Рис. 2. Этапы оценки жизненного цикла

- установить границы между окружающей средой и системой;
- определить важные процессы и те, которыми можно пренебречь, в рамках данного исследования.

3.2. Инвентаризационный анализ жизненного цикла

При инвентаризационном анализе жизненного цикла — основном этапе проведения ОЖЦ — происходит сбор всех данных о производственной системе согласно границам, определенным на предыдущем этапе. Весь жизненный цикл исследуемого продукта делится на единичные процессы: добыча сырья, производство, распространение, использование, утилизация. Отдельно рассматриваются транспортировка продукции и затрачиваемая на нее энергия. Затем определяются входные и выходные потоки для этих процессов и, согласно им, проводится сбор информации. Все собранные данные приводятся к единому виду, позволяющему провести следующий этап — оценку воздействия.

3.3. Оценка воздействия на протяжении жизненного цикла

Согласно идеологии стандартов ИСО серии 14000, фаза оценки воздействий при проведении ОЖЦ направлена на оценку значимости потенциального воздействия на окружающую среду по результатам инвентаризационного анализа жизненного цикла. На этом этапе данные, полученные на предыдущем этапе, распределяются по категориям воздействий с целью ответить на вопрос, какая категория воздействия наносит наибольший ущерб окружающей среде.

Можно выделить основные категории воздействия: изменение климата, разрушение озонового слоя, окисление, фотохимический смог, загрязнение водоемов водорослями, наземные и водные токсичные выбросы, истощение ресурсов, землепользование, использование воды, человеческое здоровье (общие выбросы в атмосферу, воду и почву) [3].

3.4. Интерпретация жизненного цикла

На последнем этапе — это цель оценки жизненного цикла — составляют рекомендации по уменьшению вредного воздействия на окружающую среду. Выполнение этих рекомендаций ведет не только к улучшению экологических характеристик продукции, но и к экономическим преимуществам. Например, достигается экономия средств на закупку ресурсов и повышается спрос покупателей за счет «зеленой» рекламы.

4. Какая упаковка наиболее экологичная

Самым распространенным способом упаковки товаров сегодня в России является полиэтиленовый пакет. Его преимущества: небольшая масса, и, как следствие, сравнительно небольшой объем затрачиваемых на производство каждого пакета электро-

энергии и воды, а также сравнительно небольшой объем отходов, которые образуют использованные пакеты. Кроме того, полиэтилен является побочным продуктом добычи природного газа и не требует дополнительной добычи лесных ресурсов [4].

Но при отсутствии какого-либо повторного использования полиэтиленовых пакетов данный вариант упаковки имеет значительный экологический след. Однако исследование, проведенное Экологическим агентством Англии, выявило, что 59% респондентов используют повторно все свои полиэтиленовые пакеты, 16% — повторно большинство пакетов и 7% — около половины пакетов [5]. Так как в основном повторно пакеты используются для сбора мусора в мусорных баках, то вред, наносимый пластиковыми пакетами окружающей среде, нивелируется за счет отказа от покупки специальных пакетов для мусорных баков. (Сегодня на полиэтиленовых пакетах в некоторых супермаркетах можно встретить надпись, информирующую покупателя о том, что данный пакет можно использовать в качестве пакета для мусора.)

Главный недостаток одноразового полиэтиленового пакета — это очень длительный срок разложения, достигающий до 1000 лет. Полиэтиленовые пакеты разносятся ветром со свалок и загрязняют окружающую среду, а также ежегодно становятся причиной смерти миллионов птиц и рыб. Соответственно, так как сегодня всё больше людей задумываются о проблемах окружающей среды, отсутствие какой-либо альтернативы одноразовым пластиковым пакетам в супермаркетах негативно сказывается на их имидже. Есть ли альтернативы, если задуматься?

Сегодня всё чаще в супермаркетах посетителям предлагается приобрести бумажные пакеты из так называемой «крафт-бумаги» вместо одноразовых полиэтиленовых пакетов. Преимущества данного вида пакетов очевидны — сравнительно быстрое разложение в окружающей среде и продвижение осознанного потребления. Наличие в ассортименте магазина крафт-пакетов с изображением какой-либо экологической символики ассоциируется у большинства людей с заботой супермаркета об окружающей среде. Однако при оценке бумажных пакетов по жизненному циклу выявляется ряд аспектов, в которых они уступают одноразовым полиэтиленовым пакетам.

Прежде всего, следует различать бумажные пакеты, изготовленные с использованием вторичного сырья, и бумажные пакеты, изготовленные из первичной целлюлозы. В первом случае пакет имеет меньший экологический след и может рассматриваться как экологичная альтернатива полиэтиленовым пакетам. Однако, как правило, для повышения прочности па-

кеты для переноски продуктов делают из первичной целлюлозы. Такие пакеты однозначно оказывают даже большее негативное воздействие на окружающую среду, чем полиэтиленовые пакеты, так как для их производства вырубаются леса. Бумажный пакет весит в несколько раз больше полиэтиленового, при его производстве затрачивается в 4 раза больше воды и выделяется в 3 раза больше парниковых газов (согласно результатам другого исследования — затрачивается в 4,7 раза больше воды и в 2,2 раза больше невозобновляемой энергии). В плане повторного использования бумажные пакеты также уступают полиэтиленовым за счёт своей более низкой прочности и подверженности воздействию воды. Они образуют большой объём отходов, транспортировка которых связана с выбросами парниковых газов [4].

Другой набирающий популярность у российских ритейлеров способ «озеленить» свой имидж — это введение в ассортимент так называемых *биоразлагаемых пакетов* (*biodegradable bags*). Для начала следует выделить два вида биоразлагаемых пакетов, отличающихся по своим свойствам, технологии изготовления и утилизации.

Гидро-биоразлагаемые пакеты сделаны из растительного сырья (например, крахмала кукурузы или сахарного тростника) и сравнительно быстро разлагаются в природе до углекислого газа и воды. Однако такие пакеты имеют существенные недостатки: низкая прочность и отсутствие налаженной массовой технологии производства в России, что делает их недоступными для предприятий розничной торговли.

Оксо-биоразлагаемые пакеты сейчас всё чаще можно видеть в супермаркетах. На них часто стоят пометки вроде «100% biodegradable» или «Этот пакет полностью разлагается в окружающей среде». Эти пакеты также сделаны из полиэтилена, однако в них присутствует химическая добавка d2w, за счёт которой пакет со временем разрушается, превращаясь в мелкие частицы полиэтилена. Исследования показали, что за год только 15% массы пакета из оксо-пластика разлагается до углекислого газа, а остальная часть попадает в воду и почву, загрязняя окружающую среду не меньше, чем полиэтиленовые пакеты [6]. Таким образом, популярные сейчас «биоразлагаемые пакеты» можно считать лишь маркетинговым ходом — они не представляют собой более экологичную альтернативу обычным полиэтиленовым пакетам.

В некоторых супермаркетах и гипермаркетах помимо бумажных и «биоразлагаемых» пакетов покупателю могут предложить приобрести *многоцветную сумку для покупок*. Чаще всего многоцветные сумки сделаны из хлопка или нетканого полотна на основе полипропилена. Несмотря на то, что они отличаются

по технологии производства и утилизации, можно выделить их несколько основных характеристик.

Очевидно, что на производство любой многоцветной сумки затрачивается намного больше ресурсов, чем на производство одноразовых пакетов, так как сумки должны отличаться повышенной долговечностью. Экологический след от производства многоцветной сумки будет компенсирован только в том случае, если её действительно используют множество раз. Например, чтобы реализация одной сумки для покупок из нетканого волокна сравнялась по экологическому ущербу с продажей одного полиэтиленового пакета (при условии, что одноразовый пакет не используется повторно), необходимо, чтобы эта сумка была использована по меньшей мере 11 раз, а чтобы использование хлопковой сумки стало таким же экологичным, как одноразовое использование полиэтиленового пакета, она должна быть использована 131 раз. Если учесть, что большинство людей используют полиэтиленовые пакеты повторно в качестве пакета для мусора, то эти цифры будут ещё выше [4]. Ресурсоемкость производства многоцветных сумок не может компенсироваться их использованием в быту в качестве пакетов для мусора, как в случае с полиэтиленовыми пакетами, и это делает их не самым экологичным выбором.

Таким образом, несмотря на то, что полиэтиленовый пакет принято считать самым экологически вредным видом упаковки, в реальности все оказывается намного сложнее. Так что же выбрать? Ответить на этот вопрос позволяет проведение оценки жизненного цикла различных видов продукции, выполняющих одни функции. Рассмотрим основные моменты, связанные с проведением ОЖЦ.

5. Построение модели ОЖЦ продукта на примере полиэтиленового пакета

Моделирование оценки жизненного цикла происходит согласно ИСО 14040, описанным выше. В первую очередь определяется сам продукт, для которого будет проведена оценка, и формулируются цели данного исследования. В нашем случае будет рассматриваться жизненный цикл «от колыбели-до-могилы» полиэтиленового пакета (ПП).

Область исследования — все этапы жизненного цикла ПП: добыча сырья, изготовление, распространение, использование, утилизация.

Цель исследования — выявление «горячих точек» жизненного цикла ПП, т. е. процессов, во время которых происходит наибольшее воздействие на окружающую среду. Для оценки жизненного цикла полиэтиленовой упаковки можно выявить следующие категории воздействия, которые важны для поставленной цели исследования: использованная энергия,

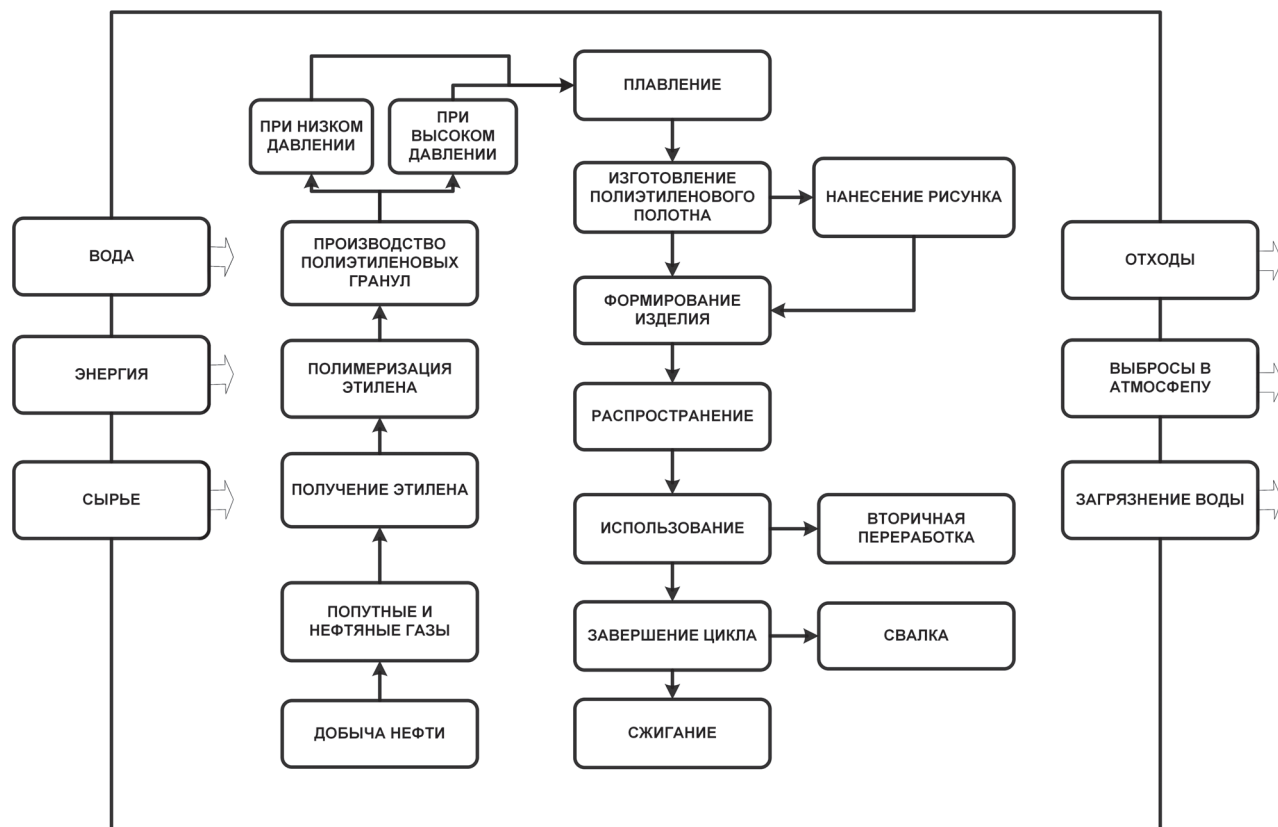


Рис. 3. Жизненный цикл полиэтиленового пакета

расход сырья, образование ТБО, выбросы парниковых газов, использование воды.

Весь жизненный цикл рассматривается по основным этапам. Каждому этапу соответствуют свои процессы (табл. 1). Все основные процессы отображены на рис. 3.

В стандарте ИСО 14040 не описан конкретный метод проведения вычислений на этапе инвентаризационного анализа, а даны только общие рекоменда-

дации. В литературе, посвященной ОЖЦ, чаще всего упоминаются два способа расчетов:

- последовательный метод;
- метод матриц [7].

В первом случае построенная производственная система представляется в виде уравнений, которые решаются последовательно, пока все процессы и потоки не будут вычислены. Во втором случае все данные, содержащиеся в процессах, формируются в матрицу, с помощью которой находят значения потоков. Далее рассмотрен метод матриц.

На основе общей модели строится производственная система, которая состоит из единичных процессов (рис. 4).

После построения производственной системы для каждого единичного процесса строится свой линейный вектор, элементами которого становятся входные и выходные данные процесса [7]. Вектор процесса — это вектор в линейном пространстве, базис которого представляет потоки товаров, материалов, сервиса, отходов, веществ, натуральных ресурсов, звуковых волн и т.п. Таким образом, элементы вектора — это данные, входящие в некоторый единичный процесс или произведенные им. Направление потока в таком векторе обозначается знаками «+» и «-» — отрицательные эле-

Таблица 1

Процессы в жизненном цикле полиэтиленового пакета

Этап	Процессы
Сырье, ресурсы	Добыча нефти Выделение попутных и нефтяных газов Получение этилена
Изготовление	Производство полиэтиленовых гранул Изготовление полиэтилена Формирование готового изделия
Распространение	Поставка заказчику Распространение продукции (например, на кассе)
Использование	Использование продукции
Утилизация / переработка	Сжигание / Попадание на свалку / Переработка
Транспортировка	Перемещение продукции между этапами



Рис. 4. Единичный процесс в производственной системе

менты указывают на входные данные, положительные — на выходные, ноль означает отсутствие такого потока в процессе. Вектор обозначается как p_i , где i — номер процесса в производственной системе. Векторы объединяются в матрицу процессов P , где i — номер строки, а j — номер столбца. Элементы вектора p_i идут в определенной последовательности, одинаковой для всех процессов. Соответственно, количество строк для всех векторов одинаково

$$P = (p_1 \ p_2 \ \dots \ p_n).$$

Данные в производственной системе делятся на два базовых типа: внутренние потоки (матрица A) и элементарные потоки (матрица B), с помощью которых матрица процессов представляется как $P = A/B$ [1].

Элементарные потоки — это потоки, изъятые непосредственно из окружающей среды (необработанные), и потоки, выходящие из системы и попадающие в окружающую среду без последующей обработки. К элементарным потокам относятся выбросы в окружающую среду. Соответственно, основные потоки являются результатом обработки или используются в дальнейшем изготовлении (использовании) продукции. Например, в общий список веществ, необходимых для изготовления полиэтиленового пакета, входят O_2 , Cr , Pb , Zn , Ni , KCl , SiO_2 и т.д. [8]. Это внутренние потоки. А выделяются в воздух при изготовлении CO , CO_2 , H_2S , H_2SO_4 , CH_4 и т.д. [8]. Это элементарные потоки. Нельзя строго определить правила деления потоков на элементарные и внутренние. Все зависит от цели исследования и особенностей изучаемой производственной системы.

Производственная система жизненного цикла представляется в виде потоковой диаграммы с процессами, входными и выходными потоками (рис. 3). Перед оценкой данных в этой модели их необходимо привести к общему виду. Для этого в стандарте ИСО 14041 введены понятия функциональной единицы и базового потока.

Функциональная единица определяет количество входных и выходных потоков, которые необходимы для выполнения производственной системой поставленной перед ней задачи. Разные исследования ОЖЦ ПП

используют разные функциональные единицы. Например, в исследовании Boustead Consulting & Associates Ltd это объем обычно используемого продуктового пакета для покупок потребителя — он составляет 1/6 барреля [8]. В исследовании The Environment Agency за функциональную единицу принято среднее количество пакетов, используемых в месяц (483 штуки) [5].

После определения функциональной единицы проводят нормализацию системы и получают базовый поток. В нашем случае, если за функциональную единицу принято количество пакетов, используемых в месяц, то базовым потоком будет необходимое количество входных и выходных потоков в системе для получения этого количества пакетов. Другими словами, выбирается процесс, который будет базовым. Он должен производить определенное значение выходного потока (согласно требованиям, установленным для системы). Затем вся система пересчитывается (нормализуется) согласно этому потоку.

Итоговый вектор спроса \vec{f} соответствует выбранному базовому потоку. Элементы этого вектора обозначают необходимое количество данных, которые система должна потреблять или производить, и соответствуют внутренним потокам производственной системы. Вектор \vec{f} используется для нормализации системы к базовому потоку. Для этого каждый элемент вектора p_i единичного процесса умножается на свой коэффициент \vec{s} [9]

$$A\vec{s} = \vec{f}, \quad B\vec{s} = \vec{g}.$$

Вектор \vec{s} называется вектором масштабирования и, соответственно, находится как:

$$\vec{s} = A^{-1}\vec{f}.$$

Вектор \vec{g} — значения элементарных потоков, которые необходимо найти для проведения оценки жизненного цикла. Другими словами, это объем выбросов в окружающую среду, которые соответствуют исследуемой продукции и которые получаются при данном значении функциональной единицы. Соответственно:

$$\vec{g} = BA^{-1}\vec{f}.$$

Агрегированный вектор позволяет привести матрицу процессов к базовому потоку:

$$\bar{q} = \begin{pmatrix} \bar{f} \\ \bar{g} \end{pmatrix}.$$

Выбираем некоторый процесс, который нас интересует. Например, если за функциональную единицу взято количество используемых пакетов в месяц (483), то нужный процесс из этапов в табл. 1 — «распространение». Его выходной поток — количество пакетов. Затем пересматриваем всю систему. Сколько нужно полиэтиленовых гранул для производства такого количества пакетов? Сколько потребуется сырья? Сколько выбросов попадет в окружающую среду при сжигании? И так, пока вся система не будет нормализована к базовому потоку, после чего можно рассматривать ее с точки зрения категорий воздействия и интерпретировать полученные результаты.

6. Использование модели жизненного цикла для принятия решения в экологическом маркетинге

Оценка жизненного цикла позволяет выявить процессы продукта, оказывающие влияние на окру-

жающую среду. На этапе оценки воздействия определяются «горячие точки», а на следующем этапе дается интерпретация полученных результатов. Но построенную модель можно использовать не один раз. Изменение параметров входных и выходных потоков, значения функциональной единицы и базового потока позволяет рассмотреть производственную систему с разных сторон. И, соответственно, оценить систему при разных условиях.

Подобное моделирование выходит за рамки формального определения, данного в стандартах ИСО серии 14 000, но позволяет проводить эксперименты с построенной моделью, просматривая различные варианты, и выявлять изменения, происходящие в системе. Результаты таких экспериментов могут быть использованы для принятия решений в экологическом маркетинге. Например, в производственной системе полиэтиленового пакета можно изменить количество производимых единиц товара или количество используемого сырья, а затем сравнить полученные результаты в контексте воздействия на окружающую среду. Кроме того, можно сравнивать различные виды продукции, реализующие одинаковые функции, для выбора наиболее экологичной и приемлемой.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 14040 Goal and scope definition and inventory analysis, International Standard.
2. Уланова О.В., Старостина В.Ю. Краткий обзор метода оценки жизненного цикла продукции и систем управления отходами // Современные проблемы науки и образования. 2012.
3. LCA — анализ жизненного цикла здания // EcoRussia.info, 2013. <http://ecorussia.info/ru/ecopedia/lca>.
4. Paper vs. Plastic Bags // All About Bags. <http://www.allaboutbags.ca/papervplastic.html>.
5. Life Cycle Assessment of Supermarket Carrier Bags / Environment Agency, 2011. P. 30.
6. Edwards C., Meyhoff F.J. Life cycle assessment of supermarket bags / The Environment Agency, 2006.
7. Heijungs R., Suh S. The Computational Structure of Life Cycle Assessment. Springer, 2002.
8. Chaffee C., Yaros B.R. Life Cycle Assessment for Three Types of Grocery Bags // Boustead Consulting & Associates Ltd.
9. Thisted R. Computers and Modern Statistics, 1992. P. 101.

Interactive System related to Support of Decision-Making at Household Packing Choice on Basis of Life Cycle Analysis in Ecological Marketing

E.V. Smirnova, Development Director, Ph.D. in Economics, Ecobureau GREENS, Moscow

E.A. Permina, magistrand, National Research University of Electronic Technology — MIET

P.Yu. Chumachenko, Ph.D. of Engineering, Associate Professor, National Research University of Electronic Technology — MIET

Any production interacts with environment at all stages of this production's existence, beginning from resources development for manufacture and finishing to utilization or secondary processing. The ISO 14 040 standard "Life Cycle Assessment" allows describe completely this interaction and already on received information basis formulate recommendations related to change of studied production's manufacture, operation and utilization processes. In presented paper the life cycle assessment is considered on the example of cash desk packing made of plastic of various types, paper and fabric. It has been shown that only the life cycle assessment allows make an eco-friendly packing choice that is inflicting the minimum harm to environment.

Keywords: life cycle, life cycle assessment, inventory analysis, packing.