

## **Определение экологических характеристик продовольствия на основе оценки жизненного цикла продукции**

Сергиенко О.И., Копыльцова С.Е.  
oisergienko@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный университет  
низкотемпературных и пищевых технологий

*В статье рассматривается применение оценки жизненного цикла (ОЖЦ) для определения универсальных экологических характеристик продукции. Показано, что в настоящее время ОЖЦ является одним из основных инструментов Интегрированной продуктовой политики, развивающейся в Европейском Союзе и представляющей собой систему взаимосвязанных политических мер и практических инструментов для снижения экологического воздействия производственной цепочки продовольствия. Обсуждаются особенности метода ОЖЦ, его достоинства, ограничения и перспективы развития применительно к производству продовольствия. Приводятся результаты использования методологии ОЖЦ в хлебопекарной отрасли.*

Ключевые слова: интегрированная продуктовая политика, продовольствие, оценка жизненного цикла продукции, экологическое воздействие, характеристики, индикаторы

## **Determination of food products environmental indicators based on a product life cycle assessment**

Sergienko O.I., Kopyltsova S.E.

oisergienko@yandex.ru

*The article discusses the application of life cycle assessment (LCA) to determine the environmental indicators of products. It is shown that at present the LCA is one of the main tools of Integrated Product Policy, which is developed at the European Union and represents a system of interrelated policies and practical tools to reduce the environmental impact of a food supply chain. The features of the LCA method, its advantages, limitations and prospects in relation to food production are discussed. The results of the LCA methodology in the baking industry are shown.*

Keywords: integrated product policy, foods, life cycle assessment of product, environmental impact, impact category indicator.

## **1. Оценка жизненного цикла продукции в системе инструментов экологической политики: опыт Евросоюза и предпосылки для применения в России**

В условиях модернизации российской экономики приоритетной целью должен стать не экономический рост сам по себе, а улучшение качества жизни и здоровья населения, оздоровление экологической обстановки, в первую очередь, за счет повышения природоресурсной (экологической и энергетической) эффективности производства, способствующего сокращению негативного экологического воздействия. Особое значение при этом приобретают вопросы формирования современной государственной экономической политики в области продовольственной безопасности за счет развития отечественного агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов с учетом экологического фактора. Как следует из «Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации», надежное обеспечение населения страны продуктами питания помимо сокращения макроэкономических и внешнеторговых рисков, должно концентрироваться на двух основных направлениях, непосредственно связанных с производственной цепочкой создания продовольствия. Во-первых, на снижении технологических рисков, вызванных отставанием развития отечественной производственной базы и различиями в требованиях к безопасности пищевых продуктов и организации контроля за их исполнением. Во-вторых, на снижении «агроэкологических рисков, обусловленных неблагоприятными климатическими изменениями, а также последствиями природных и техногенных чрезвычайных ситуаций» на всех этапах производства, хранения, транспортировки и реализации пищевой продукции.

Очевидно, что решение данных проблем целесообразно осуществлять с учетом накопленного международного опыта и тех тенденций в отношении экологизации продовольственного сектора и производственных цепочек, которые уже сформировались в странах, добившихся определенных успехов в данном отношении. Эта задача отвечает как национальным, так и внешнеполитическим интересам страны, особенно в связи с перспективами выхода отечественных производителей на внешние рынки. В связи с этим интерес представляет инициатива Европейского Союза (ЕС) по разработке и внедрению Интегрированной продуктовой политики (ИПП), которая была принята еще в 2003 г. и в настоящее время активно развивается в направлении устойчивого потребления и производства различной продукции, включая и продовольствие.

В декабре 2009 г. Европейской Комиссией были опубликованы очередные Отчет и Рабочий документ «О состоянии внедрения ИПП в странах ЕС», которые охватили шестилетний период, прошедший после

принятия «Коммюнике по ИПП» [5]. В целом в этих документах отмечалось, что ИПП является процессом, который находится в развитии и еще не достиг своей финальной стадии. Для трансформации экологической ответственности в повседневную практическую деятельность ИПП требует высокого уровня понимания и политической воли не только у лиц, непосредственно ответственных за принятие решений, но и у всех заинтересованных сторон.

В системе мер, осуществляемых в ЕС по реализации ИПП, были приняты Директивы по экодизайну энергоемкой продукции, по политике по обращению с отходами и создана Европейская платформа по оценке жизненного цикла продукции, которая содержит базу данных по ОЖЦ продуктов и руководство по ее проведению. Реализация принципа «работа с рынком» привела к тому, что доля «зеленых» государственных контрактов в семи странах-членах ЕС составила в среднем 45 % от общей суммы контрактов, что позволило снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 25 % при одновременном снижении затрат на производство продукции в жизненном цикле на 1 % [5].

Принципы ИПП создают концептуальные рамки, обеспечивающие дополнение существующих политических мер новыми подходами к экологизации различных видов продукции или услуг. Так, применительно к производству продовольствия в мае 2009 г. был создан Европейский круглый стол по устойчивому потреблению и производству продовольствия (The European Food Sustainable Consumption and Production Roundtable). Данная инициатива нацелена на обеспечение научно-обоснованного и скоординированного подхода к устойчивому потреблению и производству в продовольственном секторе ЕС, основанному на определении экологических воздействий на всех стадиях продовольственной цепи.

Особое значение при этом придается экологической информации, обмен которой осуществляется внутри производственной цепочки, включая потребителей и которая должна быть научно обоснованной и надежной, понятной и не вводящей в заблуждение и поддерживающей информированный выбор. Этот основополагающий принцип открывает дальнейшие перспективы для добровольной экологической оценки, т.е. получения универсальных экологических характеристик продукции для информирования и коммуникаций в производственной цепочке, необходимых для всех операторов и потребителей, не дискриминирующих и не переносящих экологическую нагрузку с одного участка цепочки на другие участки и исключаящих нечестное ведение бизнеса. Применение этих принципов в европейской практике должно распространяться на все компании, включая малые и средние предприятия, и, следовательно, процедура оценки не должна быть слишком затратной.

С одной стороны, акцент на продовольственную продукцию связан с общей направленностью ИПП на идентификацию продуктовых групп, обладающих наибольшим потенциалом экологических улучшений. В документах ЕС выделяются три наиболее важных экономических сектора: производство и потребление продовольствия (продукты и напитки), личный

транспорт и жилье. В совокупности все эти сектора и соответствующие продуктовые (сервисные) группы «отвечают», по оценкам экспертов ЕС, за 70–80% глобальных экологических воздействий, обусловленных личным потреблением [6]. Согласно исследованиям FAO (Food and Agriculture Organization) основной вклад в глобальные выбросы парниковых газов в пределах пищевой производственной цепочки, вносит животноводство, доля которого составляет 18 %.

С другой стороны, по данным европейских рейтинговых агентств качество пищевой продукции и ее экологические характеристики оказывают все большее влияние на покупательский выбор [4]. Все более широкое распространение среди потребителей получает такой экологический индикатор, оценивающий выбросы парниковых газов в жизненном цикле производственно-сервисных систем производства и потребления продовольствия, как углеродный след (carbon footprint). Данный индикатор оценивает выбросы CO<sub>2</sub> и шести основных парниковых газов, которые образуются при производстве пищевой продукции непосредственно и в скрытом виде – в жизненном цикле продукции. Имеются соответствующие базы данных и калькуляторы, с помощью которых рядовой потребитель может легко подсчитать углеродный след своего ежедневного рациона.

Российская нормативно-правовая база, поддерживающая применение ОЖЦ в производстве продукции, включая продовольствие, пока еще все еще находится в стадии формирования. Так, в соответствии с реформой технического регулирования в 2004 г. был разработан Проект общего технического регламента «Об экологической безопасности», который до настоящего времени не утвержден.

Реформа государственного регулирования в сфере природопользования пока еще находится только в начальной стадии своего развития. Переход к принципам экологического нормирования на основе наилучших существующих технологий (НСТ) предполагает анализ экологической составляющей рассматриваемой технологии на основе категорий воздействия на окружающую среду, используемых в ОЖЦ.

В рамках Проекта «Гармонизация экологических стандартов (ГЭС) II – Россия» осуществлен анализ принципов и сформулированы основные критерии НСТ, использование которых позволяет выбрать наилучшую технологию с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды. Основные принципы 2 и 3 выбора НСТ, в частности, рекомендуют проведение инвентаризации выбросов, сбросов и отходов альтернативных технологий, потребления первичных ресурсов и проведение оценки воздействия таким образом, чтобы сравнить и сопоставить широкий диапазон загрязняющих веществ для семи основных экологических проблем: токсичность для человека, глобальное потепление (изменение климата), токсичность для водных объектов, образование кислотных осадков, эвтрофикация, истощение озонового слоя и образование тропосферного озона. Кроме того, анализу подлежат использование энергии и образование отходов [1]. Безусловно, данная оценка, особенно в условиях

незавершенности и подчас противоречивости нормативно-правовой базы, позволит не только формализовать само понятие «экологической безопасности», но и существенно снизить техногенные и экологические риски, которые могут возникнуть при выборе экологически не безопасных технологий, в том числе и во всей производственной цепочке продовольствия.

Руководства по эко-дизайну продукции, экологической сертификации и маркировке также базируются на определении экологических характеристик продукции на основе ОЖЦ. Получившая мировое признание практика экологического менеджмента, аудита, экомаркировки и ОЖЦ продукции, фактически нашла свое отражение в стандартах ИСО серии 14000. Отдельная группа стандартов ИСО 14040, посвященная вопросам оценки экологического воздействия на основе ОЖЦ, в основном одобрена и принята в России в качестве документов системы ГОСТ Р ИСО 14040.

С учетом международного руководства ИСО/МЭК 51:1999 был разработан и введен в действие ГОСТ Р 51898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты», в соответствии с которым при разработке стандартов применительно к любым аспектам безопасности, относящимся к людям (или имуществу) или окружающей среде рекомендуется рассматривать полный жизненный цикл продукции, процесса или услуги, включая как предназначенное использование, так и возможное непредсказуемое неправильное использование.

В 2004-2008 гг. был разработан ряд национальных экологических стандартов, и начиная с 2005 г. была введена в действие система ГОСТ Р 14, включающая национальные стандарты в области экологического менеджмента. Среди них четыре документа – ГОСТ Р 14.07-2005, ГОСТ Р 14.08-2005, ГОСТ Р 14.11-2005 и ГОСТ Р 14.12-2005 разработаны с учетом требований технических руководств ИСО и посвящены определению и включению аспектов экологической безопасности в процесс стандартизации продукции.

Однако вопросам формирования комплексного подхода к управлению экологической безопасностью продукции, в том числе и пищевой, аналогичного рассмотренной выше Интегрированной продуктовой политике Евросоюза, на наш взгляд, в России пока все еще уделяется недостаточное внимание. Отсутствует официальное определение понятия экологической безопасности продукции, в том числе и пищевой, не разработана методика оценки и не определены характеристики экологической безопасности, отсутствует система политических мер и практических инструментов управления экологической безопасностью в производственной цепочке.

С учетом экологической составляющей устойчивого производства и потребления, экологическое воздействие продовольственного сектора, должно быть исследовано в полном жизненном цикле, поскольку оно возникает на различных стадиях производства – от сбора урожая и производства продуктов животноводства до транспортировки, хранения и распределения с учетом потребления продовольствия и образования отходов.

## 2. Принципы, особенности и перспективы применения оценки жизненного цикла продовольствия и пример ее выполнения для хлебопекарной отрасли

Исходя из принципа главного принципа ОЖЦ – «от колыбели до могилы», экологизации подлежит вся производственная цепочка – от производства, прежде всего, сельскохозяйственной продукции до потребления произведенных продуктов питания и размещения отходов производства и потребления в окружающей среде. Весь комплекс сложных взаимоотношений между производством продуктов питания и окружающей природной средой может быть представлен с помощью концепции жизненного цикла (ЖЦ) продукции в виде производственной цепочки (рисунок 1). С точки зрения управления воздействием на окружающую среду (экологического менеджмента) ЖЦ представляет собой совокупность последовательных и взаимосвязанных стадий производственной системы.

ОЖЦ позволяет сделать «прозрачным» жизненный путь исследуемой продукции, облегчает доступ к каждому звену производственной цепочки, дает возможность управлять и изменять их, и, как следствие, повышать ресурсную эффективность производства и минимизировать воздействие на окружающую среду.

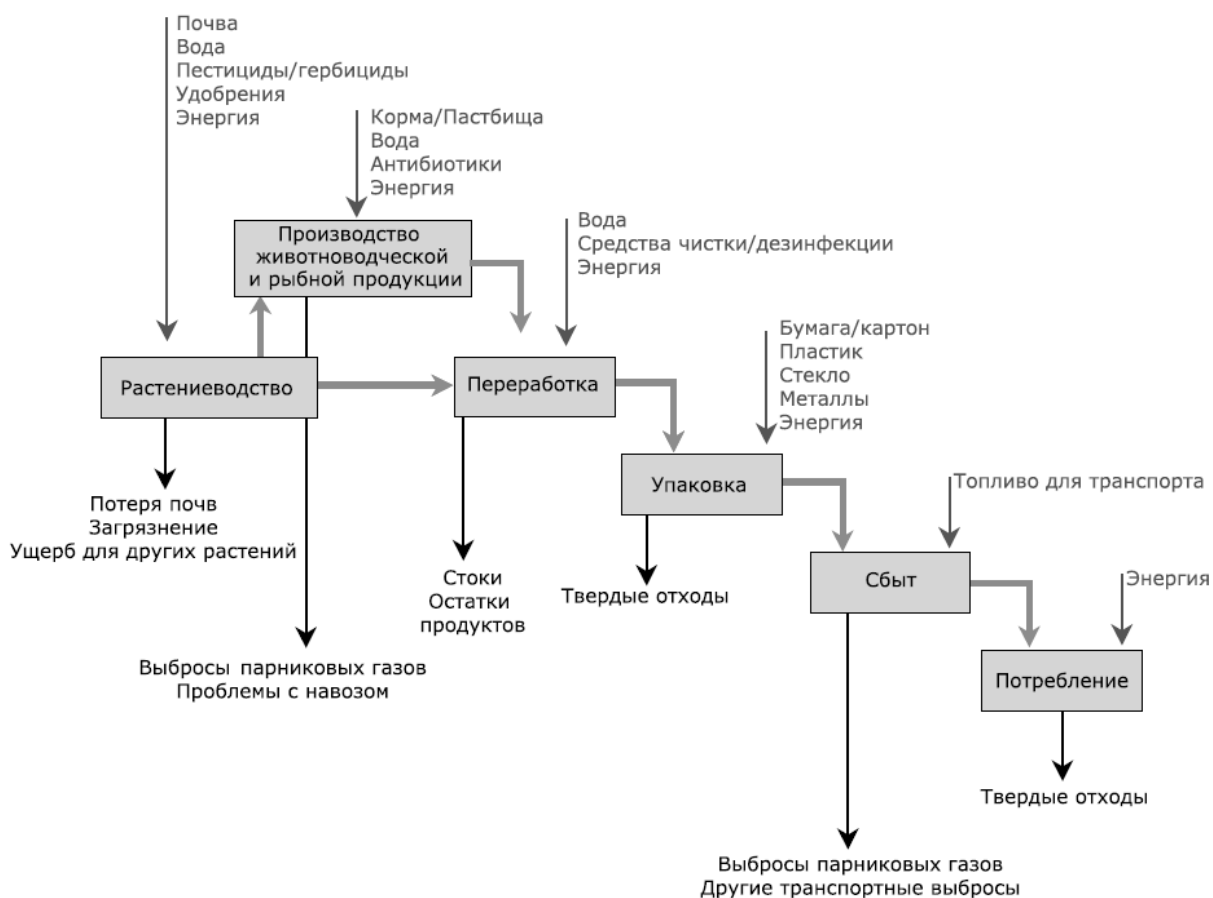


Рисунок 1 – Производственная цепочка и связанное с ней использование ресурсов и экологические последствия [2]

Представляя собой количественную оценку экологического воздействия, ОЖЦ может быть использована для улучшения экологических аспектов продукции на различных стадиях ее жизненного цикла. Она может применяться на уровне организации при стратегическом планировании, определении приоритетов, проектировании продукции или процесса и др.; для выбора показателей экологической эффективности, включая методы измерений; при разработке системы экологического менеджмента, экологической политики предприятия и др.; для целей экологического маркетинга продукции, (например, для получения знака экологической маркировки, экологической декларации продукции).

Первые исследования ЖЦ продукции были проведены компанией «Кока-Кола» в конце 1960-х гг. в условиях энергетического кризиса с целью сравнения производства различных видов упаковки для напитков (алюминиевых банок, стеклянных и пластиковых бутылок). Сравнение проводилось по потреблению материальных и энергетических ресурсов с целью определения тех стадий, которые требуют наибольших затрат энергии и поиска возможностей по снижению энергопотребления на различных этапах производства напитков, а также определения возможностей переработки использованной упаковки. Методика оценки получила название «Анализ ресурсного и экологического профиля».

В Европе первое исследование ЖЦ было выполнено в Великобритании в 1972 г. Йеном Бустедтом (Ian Boustedt), который рассмотрел пример с тарой для молока.

В начале 1980-х гг. интерес к анализу ЖЦ уменьшился из-за необходимости сбора большого количества данных, что требовало значительных затрат капитала, времени и привлечения дополнительных специалистов. Но с середины 1980-х гг. исследования по анализу ЖЦ возобновились как в США, так и в Европе. Общество экологической токсикологии и химии (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, SETAC) в 1991 г. организовало первую научную конференцию по ОЖЦ, на которой обсуждалось создание единой методологии ОЖЦ. В 1993 г. был опубликован первый сборник практик по ОЖЦ (SETAC Code of Practice), в котором были определены основные этапы ОЖЦ продукции.

Наконец, обобщая накопленный опыт выполнения ОЖЦ, Международная организация по стандартизации в 1996 г. опубликовала первый международный стандарт по ОЖЦ – ISO 14040.

Для ОЖЦ характерны следующие ограничения:

– критерии выбора (например, границ системы, источников информации, категорий воздействий и пр.), а также и допущения, сделанные в ходе ОЖЦ, могут быть субъективными;

– модели, используемые в ОЖЦ, ограничены соответствующими допущениями и могут быть непригодны для всех потенциальных воздействий;

– результаты исследований ОЖЦ, сфокусированные на глобальных и региональных проблемах, могут быть непригодны для локальных

применений, т.е. локальные условия могут быть неадекватно представлены региональными, или глобальными условиями;

– точность исследований ОЖЦ может быть ограничена степенью доступности необходимой или отсутствием соответствующей информации, ее качеством (например, пропусками), видами имеющейся информации, ее объединением, усреднением, специфичностью для данного местоположения объекта;

– отсутствие инвентаризационных данных, используемых для оценки воздействий, вносит неопределенность в результаты воздействий, которая меняется в зависимости от пространственных и временных характеристик каждой категории воздействия.

Традиционная ОЖЦ, как правило, не рассматривает экономические и социальные аспекты продукции. Однако в настоящее время уже разработаны такие подходы, основанные на принципах концепции ЖЦ, которые позволяют компенсировать указанные недостатки. К таким подходам относятся – оценка затрат в жизненном цикле (Life Cycle Costing, LCC) и социальная ОЖЦ (Social Life Cycle Assessment, SLCA). Многообразие подходов к ОЖЦ и ее практических приложений привело к появлению нового понятия – «мышление в жизненном цикле» (Life Cycle Thinking, LCT), и формированию новой парадигмы управления – «менеджмент жизненного цикла» (Life Cycle Management, LCM).

ОЖЦ является итерационной процедурой и включает в себя 4 фазы.

На первой фазе ОЖЦ происходит определение цели исследования, области применения его, установление границ системы рассматриваемой производственной системы (ПС), а также определение функциональной единицы.

На второй фазе ОЖЦ проводится инвентаризационный анализ производственной системы, т.е. сбор качественной и количественной информации о входных и выходных материальных и энергетических потоках для каждой стадии рассматриваемой ПС, при этом данные приводятся в расчете на ФЕ.

Третья фаза ОЖЦ посвящена оценке воздействия ПС на окружающую среду. Данная фаза является наиболее специфичной стадией ОЖЦ, в ходе которой происходит выявление и оценка величины и значимости существующих и потенциально возможных экологических воздействий ПС. ОВЖЦ может проводиться как вручную, с использованием расчетных методик, так и с помощью специализированных программных средств.

На четвертой, заключительной фазе ОЖЦ проводится интерпретация результатов, анализ альтернатив, формулирование заключений и рекомендаций.

Для проведения полноценной ОЖЦ необходимо использование баз данных по распространенным и специфическим материалам и процессам, методик оценки экологического воздействия, а также выполнение большого объема вычислений, подготовка графической визуализации результатов



исследования. Все это практически невозможно без применения специализированного программного обеспечения.

В России, несмотря на наличие нормативной базы, ОЖЦ не получает заметного развития и практического применения. Опубликованы результаты отдельных российских исследований по применению ОЖЦ в промышленности – в области автомобильного и авиационного транспорта, строительных работ, производства упаковочных материалов.

Исследования по ОЖЦ пищевой продукции отсутствуют, тогда как за рубежом количество продуктов питания, изучаемых с позиций комплексной оценки воздействия на окружающую среду, увеличивается с каждым годом. Проводится ОЖЦ продукции всего агропромышленного комплекса – растениеводства (зерновые культуры, овощи, фрукты, выращиваемые традиционным, альтернативным и «органическим» способом), животноводства (мясо говядины, свинины, птицы; молоко), рыболовства, а также перерабатывающей промышленности (хлебобулочные, кондитерские, молочные, мясные изделия, пищевые концентраты, алкогольная и безалкогольная продукция и др.) [3].

Специфика ОЖЦ заключается в необходимости работы с большим массивом данных, что приводит к значительным время- и трудозатратам. По причине отсутствия в России баз качественных статистических данных, отвечающих требованиям исследования, а также отечественных программных продуктов по ОЖЦ проведение подобных исследований крайне затруднено.

С точки зрения особенностей, характерных для российских условий, следует отметить проблему доступности исчерпывающих и достоверных данных для составления инвентаризационного описания. Опыт специалистов показывает, что достаточно сложно (а в некоторых случаях даже невозможно) выделить и привести к единому формату сведения, характеризующие расход энергии, веществ, материалов, воды и т.п. на каждый вид продукции, а также соответствующие потери ресурсов, выбросы, сбросы, отходы.

Дешевизна многих ресурсов, в том числе воды и энергии, а также пробелы в организации производства привели к тому, что в прошлом учет их во многих случаях велся недостаточным образом, и привычка вести учет ресурсов и соответствующие записи сформировалась не так давно. Даже в тех случаях, когда данные собирались регулярно в течение нескольких лет, степень усреднения велика, и определить долю ресурсов, израсходованных на производство конкретного вида продукции, а тем более уточнить вклад в загрязнение окружающей среды не представляется возможным.

Таким образом, с одной стороны, ОЖЦ представляет собой достаточно сложную процедуру, состоящую из множества этапов, выполнение которых связано с различного рода допущениями и ограничениями. С другой стороны, особенностями и в то же время преимуществами ОЖЦ являются системный подход, использование научно обоснованных, признанных на международном уровне универсальных показателей воздействия продукции на окружающую

среду, а также максимальное стремление к документированию и прозрачности процесса получения результатов.

Рассмотрим пример выполнения ОЖЦ для хлебопекарной отрасли по данным одного из предприятий Санкт-Петербурга. Предприятие специализируется на выпуске сухарных и мучных кондитерских изделий. К числу наиболее значимых источникам воздействия на окружающую среду относятся вспомогательные подразделения – энергоснабжающие объекты (в том числе и в отношении теплового загрязнения) и транспортные участки, а также системы водоснабжения и канализования сточных вод; к менее значимым воздействиям относятся выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и обращение с отходами.

Ниже представлены результаты сравнительного анализа производства хлебопекарной продукции (на примере сухек) с использованием различных видов топливно-энергетических ресурсов – природного газа и электрической энергии. Анализ был проведен на основе оценки «экологического» жизненного цикла с целью определения возможностей повышения энергетической эффективности хлебопекарных предприятий.

Для сравнительного анализа было предложено рассмотреть наиболее значимый технологический источник загрязнения – хлебопекарные печи, вопрос о модернизации которых уже рассматривается руководством хлебопекарного предприятия. Были отобраны печи, работающие на природном газе и электрической энергии, характеристики которых приведены в таблице 1. В качестве функциональной единицы была выбрана часовая производительность хлебопекарных печей – 160 кг/ч сухек.

Таблица 1 – Характеристики газовой и электрической хлебопекарных печей

Параметры печи	Печь газовая	Печь электрическая
Производительность печи	160 кг/ч	160 кг/ч
Продолжительность выпечки	14 мин	14 мин
Тепловыделяющий элемент	муфель	ТЭН
Фактический расход топлива	20 м <sup>3</sup> /ч природного газа	51,61 кВт-ч электроэнергии
Температура уходящих газов	(320±10) °С	(180±10) °С
Состав уходящих газов	CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub>	–
КПД печи	75 %	30 %

Исследуемые производственные системы ПС №1 (с использованием электрической энергии) и ПС №2 (с использованием природного газа) представлены на рисунке 2.

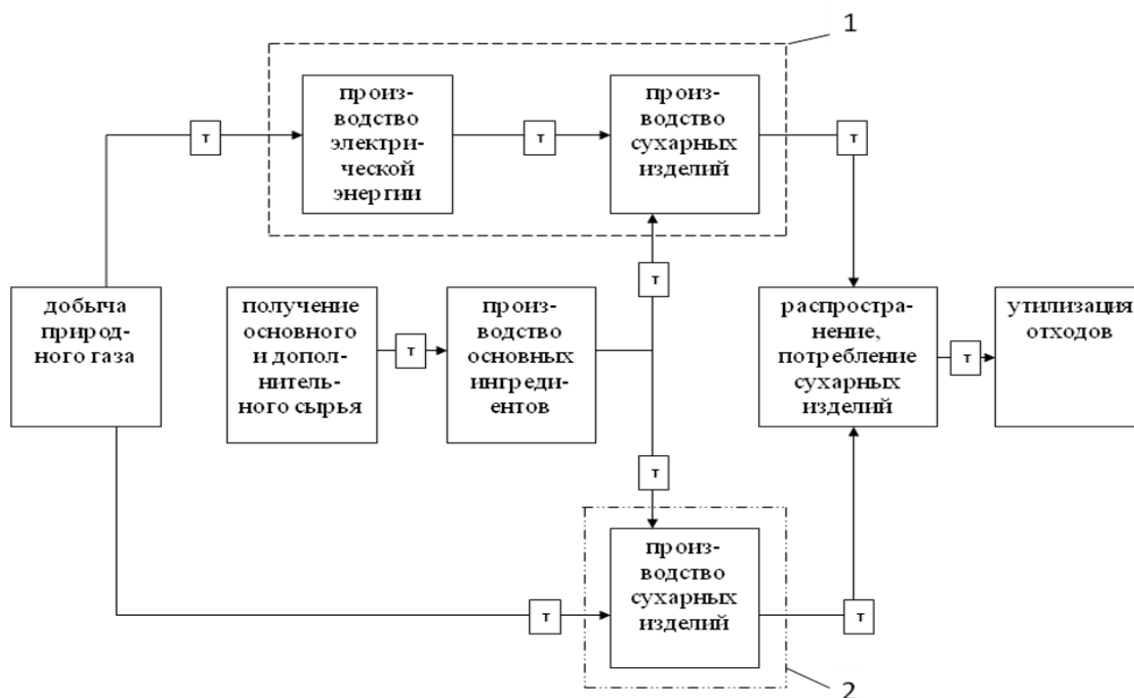


Рисунок 2 – Общая схема ЖЦ сушек:  
1 – границы ПС №1; 2 – границы ПС №2

Анализ производственных систем осуществлялся по принципу «от ворот до ворот», такие стадии ЖЦ сушек, как добыча (или выращивание) первичного сырья и дополнительных материалов, их переработка, потребление готовой продукции, утилизация отходов производства и потребления, а также стадия транспортировки сырья, полуфабрикатов и отходов остаются за границами ПС и не рассматриваются в данном исследовании, поскольку они являются одинаковыми для обеих ПС.

Для производственных систем были приняты следующие допущения: несмотря на то, что ассортимент продукции предприятия насчитывает несколько видов сушек, в исследовании учитывалось производство только одного вида; расход упаковочных материалов и расход энергии на технологические нужды не рассматривались, т.к. они одинаковы для обеих ПС; учитывалась только энергия, необходимая для работы хлебопекарных печей; выработка тепловой энергии на ТЭЦ при производстве электроэнергии не рассматривалась. Было принято, что тепловые потери на ТЭЦ составляют 65 %, при транспортировке электроэнергии по сетям – 17 %, при работе электрической печи – 30 %, при работе газовой печи – 73 %.

В таблице 2 приведена классификация результатов ИАЖЦ на основе выбранных категорий воздействия и показателей категорий.

Таблица 2 – Категории воздействий и показатели категорий для ОЖЦ сушек

Категория воздействия	Результат ИАЖЦ	Показатель категории	Характеристический коэффициент
Глобальное потепление	Выбросы CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Уменьшение теплового	Потенциал глобального потепления (ПГП),

климата		излучения в космос	г-экв CO <sub>2</sub> /г
Образование фотохимического смога	Выбросы NO <sub>x</sub> , CO, НМУ, этанола, ацетальдегида, уксусной кислоты	Образование легкоокисляющихся веществ	Потенциал фотохимического образования озона (ПФОО), г-экв этана/г
Защеление почв, воды	Выбросы NO <sub>x</sub>	Увеличение концентрации Н <sup>+</sup>	Потенциал защеления (ПЗ), мол. Н <sup>+</sup> /г
Образование отходов	Отработанное техническое масло	Образование токсичных отходов	Показатель образования отходов (ПОО), г/ФЕ
Тепловое загрязнение атмосферы	Потери тепла в атмосферный воздух	Образование тепловых потерь	Показатель теплового загрязнения (ПТЗ), кВт/ФЕ

В таблице 3 представлены результаты расчетов показателей категорий воздействия на окружающую среду входных и выходных потоков рассматриваемых производственных систем с разделением по стадиям ЖЦ в физических единицах. Сравнительный анализ категорий воздействия в относительных единицах (рисунок 3) показывает, что ПС №1 оказывает большее воздействие на окружающую среду, чем ПС №2 по всем рассматриваемым категориям. При этом значения показателей категорий воздействия (за исключением категории воздействия «образование фотохимического смога») ПС №1 превышают более чем в 2,2 раза значения аналогичных показателей ПС №2.

Вклад отдельных стадий ПС №1 (с электрической печью) и ПС №2 (с газовой печью) в рассматриваемые категории воздействия показан на рисунке 4.

Таблица 3 – Результаты расчетов показателей категорий воздействия по стадиям ЖЦ для двух ПС

Показатель категории воздействия	Ед. измерения	ПС №1				ПС №2
		пр-во э/энергии	транспортировка э/энергии	пр-во сушек в электропечи	итого	пр-во сушек в газовой печи
ППП	г-экв. CO <sub>2</sub>	103 626,66	0	0	103 626,66	46 663,66
ПФОО	г-экв. этана	35,83	0	74,21	110,04	90,34
ПЗ	мол. Н <sup>+</sup>	6,01	0	0	6,01	2,70
ПТЗ	кВт/кг газа	115,48	10,57	15,48	141,53	48,00
ПОО	г/кг газа	852,75	0	247,73	1100,48	384,00
ПИПТ	г/кг ФЕ	0	0	3,84	3,84	3,84

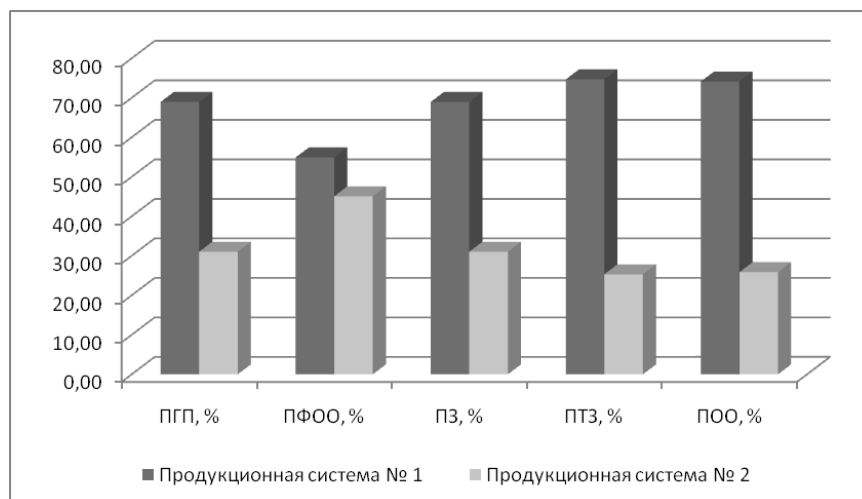


Рисунок 3 – Сравнительный анализ двух ПС по вкладу в показатели категорий воздействия

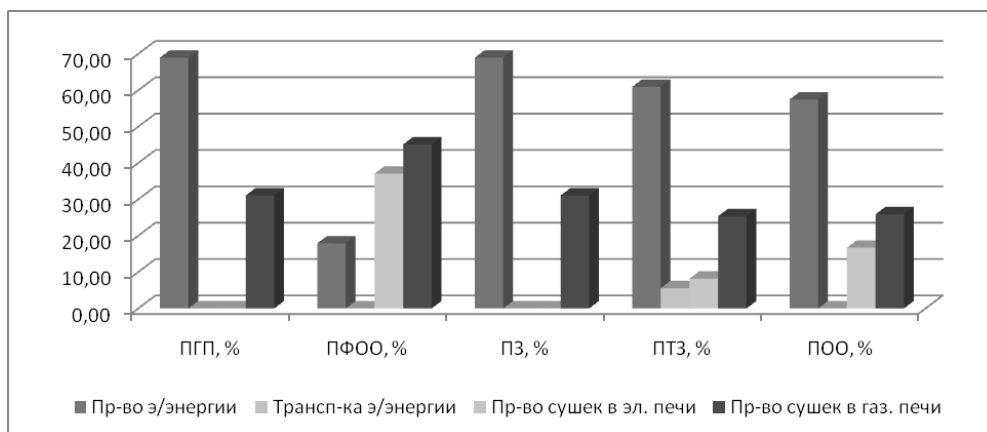


Рисунок 4 – Вклад отдельных стадий производственных систем ПС №1 и ПС №2 в показатели категорий воздействия

Как было сказано выше, ПФОО отличается от других показателей категорий воздействия. В производственной системе ПС 1 основной вклад в ПФОО вносит стадия производства сушек (на электрической печи). Это связано с тем, что на стадиях производства и транспортировки электрической энергии вклад в ПФОО вносят два загрязняющих вещества – СО и неметановые углеводороды (НМУ), а на стадии производства сушек помимо СО и НМУ выделяются такие вещества, как этанол, уксусная кислота, ацетальдегид, которые также приводят к образованию фотохимического смога.

Основной вклад в ПГП, ПЗ, ПТЗ и ПОО в ПС №1 вносит стадия производства электроэнергии на ТЭЦ, которые в первую очередь зависят от расхода природного газа и, следовательно, КПД ТЭЦ.

На основе сравнения двух производственных систем по результатам ОЖЦ сухарных изделий можно сформулировать следующие основные рекомендации для выбора наиболее энергетически и экологически эффективного пекарного оборудования:

1. При выборе типа хлебопекарной печи и проведении сравнительного анализа рекомендуется использовать такой инструмент для принятия экологически обоснованных решений, как ОЖЦ, позволяющий количественно оценить вклад рассматриваемых производственных систем в загрязнение окружающей среды и провести обоснованный сравнительный анализ.

2. В ходе ОЖЦ следует рассматривать не только стадию производства продукции, но и стадии производства и транспортировки сравниваемых энергоресурсов.

3. Для получения более обоснованных решений следует рассмотреть стадии производства сравниваемых типов хлебопекарных печей с учетом их срока эксплуатации.

4. При проведении сравнительного анализа хлебопекарных печей рекомендуется дополнить экологические критерии, традиционно рассматриваемые в ОЖЦ, экономическими и социальными показателями.

Так, например, для предварительной экономической оценки рекомендуется проводить расчет величины предотвращенного ущерба, наносимого окружающей среде в ходе работы рассматриваемых стадий ЖЦ.

Для оценки социальных аспектов ЖЦ можно использовать такие показатели, как предотвращенный ущерб, наносимый здоровью обслуживающего персонала во время эксплуатации хлебопекарных печей (например, при тепловом излучении от поверхности печи), вероятность возникновения факторов опасности, учитываемых при охране труда на хлебопекарных предприятиях.

## **Список литературы**

1. Комплексное предотвращение и контроль загрязнения окружающей среды. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям. Экономические аспекты и вопросы воздействия на различные компоненты окружающей среды, 2006. Электронный ресурс: [www.iprc-russia.org](http://www.iprc-russia.org).

2. Устойчивое производство и потребление в странах Юго-Восточной Европы и Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии: Совместный доклад ЮНЕП-ЕАОС о полученных уроках и возможностях. № 3. 2007. – 98 с.

3. Arvanitoyannis I.S. Waste Management for the Food Industries. International Series – Food Science and Technology. Elsevier, 2008, 1071 p.

4. Europeans' attitudes towards issue of sustainable consumption and production. The Flash Eurobarometer (Flash № 256). Analytical Report, 86 p.

5. On the State of Implementation of Integrated Product Policy: Commission Staff Working Document accompanying the Report from the Commission to the Council, the European Parliament, the European and Social Committee and the Committee of the regions. Brussels, COM (2009) 693 final, 22 p.

6. Rohn H. et al. Identification of technologies, products and strategies with high resource efficiency potential – results of a cooperative selection process. WP 1.3 Wuppertal, 2009, 32 p.