

КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДА ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

Уланова О.В., Старостина В.Ю.

Национальный исследовательский иркутский государственный технический университет, НИ ИрГТУ, Иркутск, Россия, (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83), olga.ulanova@gmx.de, vladastarostina@yandex.ru

Сегодня метод Оценки жизненного цикла, ОЦЖ (рус.) или Life-Cycle Assessment, LCA (англ.) – один из ведущих инструментов экологического менеджмента в Европейском союзе, основанный на серии ISO-стандартов и предназначенный для оценки эколого-экономических, социальных аспектов и воздействий на окружающую среду в системах производства продукции и утилизации отходов. Целью проведенной авторами исследовательской работы было изучение потенциальных областей, в которых возможно применение этого метода оценки. Авторами проведен анализ универсального метода оценки жизненного цикла в отношении его исторических аспектов развития в Европейском союзе, потенциальных областей применения и использования на основе современных программных продуктов. Дана характеристика основным этапам проведения оценки жизненного цикла и показана возможность применения метода для систем управления отходами в природоохранном секторе России. В результате литературного анализа можно заключить, что одним из новых направлений применения ОЖЦ является сравнение различных систем управления отходами или разработка новой стратегии управления отходами. В случае анализа системы управления отходами ОЖЦ принимается в качестве основы для сравнения экологической эффективности различных вариантов обращения с отходами и принятия стратегических решений в этой области. Авторы делают вывод что, метод ОЖЦ заслуживает пристального внимания со стороны российского природоохранного сектора, так как является важным аналитическим средством для обоснования выбора между разными технологиями, сценариями, обладающим надежностью, достоверностью получаемых результатов.

Ключевые слова: оценка жизненного цикла, экологически чистое производство, производственный процесс, управление отходами.

THE BRIEF REVIEW OF THE METHOD OF LIFE CYCLE ASSESSMENT OF PRODUCTS AND WASTE MANAGEMENT SYSTEMS

Ulanova O.V., Starostina V.Y.

National reseach irkutsk state technical university, ISTU, Irkutsk, Russia, (664074, Lermontov 83, Irkutsk) olga.ulanova@gmx.de, vladastarostina@yandex.ru

The brief review of the method of Life Cycle Assessment of products and waste management systems Ulanova O.V., Starostina V.Y. Today, the method of Life Cycle Assessment (LCA) is one of the leading environmental management tools in the European Union, based on a series of ISO-standards and designed to evaluate the ecological, economic, social aspects and environmental impacts of production systems or disposal of waste. The aim of conducting research was to study the potential application of this method of assessment. The authors have analyzed of the universal method of Life cycle assessment, its historical aspects in the European Union and potential areas of application and use of modern software-based products. The paper presents the characteristics of the main stages of the Life cycle assessment and a possibility of applying the method for waste management systems in the environmental sector in Russia. As a result of literary analysis, we can conclude that one of the new areas of application of LCA is the comparison of different waste management systems or development of new waste management strategy. In the case of evaluation of waste management systems, LCA can be adopted as a basis for comparing the environmental performance of different options of waste management and strategic decision-making in this area. The authors conclude that the method of LCA deserves close attention from the Russian environmental sector - the method of LCA is an important analytical tool of Environmental Protection for choosing between different technologies and scenarios. It has the reliability and validity of the results.

Key words: Life cycle assessment, eco-friendly production, industrial process, waste management.

Введение

Сегодня метод Оценки жизненного цикла, ОЦЖ (рус.) или Life-Cycle Assessment, LCA (англ.) – один из ведущих инструментов экологического менеджмента в Европейском союзе,

основанный на серии ISO-стандартов и предназначенный для оценки эколого-экономических, социальных аспектов и воздействий на окружающую среду в системах производства продукции и утилизации отходов. Универсальный в своем роде метод ОЖЦ используют практически во всех отраслях промышленности, в частности в машиностроении, строительстве, электронике, традиционной и альтернативной энергетике, производстве полимеров, продуктов питания, дизайне продукции и утилизации отходов.

Целью проведенной авторами исследовательской работы было изучение потенциальных областей, в которых возможно применение одного из инструментов экологического менеджмента – метода оценки жизненного цикла (ОЖЦ).

ОЦЖ является относительно молодым методом, но не настолько юным, каким его многие представляют. Подходы и размышления о жизненных циклах можно найти в старых литературных источниках. Так, например, шотландский экономист и биолог *Патрик Геддес (Patrick Geddes)* еще в 80-е гг. XIX столетия разработал процесс, который по-праву можно считать предшественником инвентаризации. Его исследования лежало в области энергоснабжения при добыче каменного угля [3].

В 1969 г. компания «Кока-кола» профинансировала одно из самых первых исследований ОЖЦ в XX столетии, проведенных в «НИИ Мидвест» (США) с целью сравнения различных видов упаковочных материалов по двум экологическим параметрам: производство отходов и истощение природных ресурсов. НИИ использовал методологию, названную анализом ресурсов и экологического профиля (*REPA – Resource and Environmental Profile Analysis*). Позже, в 1974 г., тем же НИИ был разработан проект по сравнению нескольких видов упаковки, профинансированный Агентством по охране окружающей среды (США). Именно эти два проекта стали классическим последовательным примером применения методологии ОЖЦ в конкретной компании. Подобные исследования в настоящее время называются, главным образом, материальным балансом [8].

То же самое относится к первому немецкому исследованию экологического баланса молочной упаковки, проведенному в 1972 г. ученым В. Обербахер (*B. Oberbacher*) в институте «*Battelle-Institut*» во Франкфурте на Майне. В семидесятые годы профессор Мюллер-Венк (*Müller-Wenk, Universität St.-Gallen, Institut für Ökonomie und Ökologie*) из университета Сант-Галлена, институт экономики и экологии (Швейцария) впервые разработал концепцию «экологической бухгалтерии». Знаменательным событием этого периода в 1984 г. стало исследование Швейцарской федеральной лаборатории по тестированию материалов (*EMPA*) и Швейцарского федерального агентства по охране окружающей среде (*BUS*) по вопросам экологических параметров упаковки «*Ecological*

report of packaging material». Термин ОЖЦ был впервые использован в этом исследовании [8].

В 1993 г. в Международной организации по стандартизации (ISO) Обществом экологической токсикологии и химии (*SETAK*) в работе «Кодекс практики» была определена оценка жизненного цикла (*LCA*). Похожие определения можно найти в «*DIN-Normenausschuss Grundlagen des Umweltschutzes (NAGUS) 1994*» и в директивах, которые были разработаны по поручению скандинавских министров окружающей среды «Северные Руководства» [8].

В течение последних десяти лет из-за быстрого развития вычислительной техники и создания обширных баз данных интерес к ОЖЦ еще более возрос. Все больше государственных организаций, компаний и научно-исследовательских учреждений применяет ОЖЦ в процессах принятия решений и для разработки планов развития производства как отдельных продуктов, так и целых секторов экономики. Основные программные продукты на европейском рынке, которые завоевали признание:

- SimaPro – Голландия;
- GABi, UMBERTO – Германия;
- EASEWASTE – Дания;
- Ecoinvent v2,3 – Швейцария.

Однако с появлением множества методологий и программных продуктов проведения ОЖЦ возникали проблемы при сравнении результатов анализов разных исследований, так как до последнего времени еще не существовало общей методологии, критериев оценки и равноценных источников информации. Именно поэтому был разработан Международный Стандарт ИСО 14040-14043, который унифицировал методологию ОЖЦ и предоставил возможность для сравнения результатов разных анализов [4].

Существует несколько определений ОЖЦ. Например, Международная организация стандартов так определила понятие жизненного цикла: «...последовательные и взаимосвязанные стадии жизненной системы продукта или процесса, начиная с добычи природных ресурсов и заканчивая утилизацией отходов», а оценка жизненного цикла – это: «...систематизированный набор процедур по сбору и анализу всех материальных и энергетических потоков системы, включая воздействие на окружающую среду во время всего жизненного цикла продукта и/или процесса...» [8].

Оценка жизненного цикла – это процесс оценки экологических воздействий, связанных с продуктом, процессом или другим действием путем определения и количественного вычисления:

- объемов потребленной энергии, материальных ресурсов и выбросов в окружающую среду;
- количественной и качественной оценки их воздействия на окружающую среду;
- определения и оценки возможностей для улучшения экологического состояния системы.

Оценка проводится с целью получения исчерпывающей оценки экологического воздействия, которая дает более надежную информацию для принятия экономических, технических и социальных решений. Следует подчеркнуть, что сам ОЖЦ не решает экологические проблемы, а скорее предоставляет нужную информацию для их решения [2]. Исходя из главного принципа ОЖЦ – «от колыбели до могилы», экологизации подлежит вся производственная цепочка – от производства продукции до ее утилизации.

ОЖЦ является итеративным методом – то есть все работы выполняются параллельно с непрерывным анализом полученных результатов и корректировкой предыдущих этапов. Итеративный подход в рамках системы и между этапами обеспечивает всесторонность и последовательность исследования и представления результатов. Принципы, содержание, требования этапов проведения ОЖЦ регламентируются стандартами ISO [6; 7].

Согласно ISO 14040 оценка жизненного цикла состоит из четырех этапов.

1. *Определение цели и области применения (ISO 14041).*

При определении цели и области применения следует установить цель исследования и границы изучаемой системы (временные и пространственные), описать используемые источники данных, а также методы, применяемые для оценки экологических воздействий, и обосновать их выбор. Однако на следующих этапах может возникнуть необходимость пересмотреть и скорректировать принятые параметры, например сузить границы или круг рассматриваемых экологических воздействий при недостатке информации.

2. *Инвентаризационный анализ жизненного цикла (ISO 14041).*

Инвентаризационный анализ жизненного цикла (*life cycle inventory analysis*) представляет собой наиболее длительный и затратный этап, на котором собираются данные о входных и выходных потоках материи и энергии, вовлеченных в производство. Для их учета производственная система подразделяется на отдельные модули, исходя из стадий жизненного цикла продукции (добыча сырья, получение полуфабрикатов, изготовление, реализация, использование, утилизация продукта). Помимо этого, в пределах некоторых стадий, особо сложных в технологическом плане, могут быть выделены модули, соответствующие единичным производственным процессам. К примеру, при производстве упаковочной полиэтиленовой пленки из полуфабриката (гранулированного полиэтилена низкой плотности) целесообразно выделить следующие модули: расплавка гранул,

экструзия, охлаждение и упаковка пленки. Важным при проведении инвентаризационного анализа является учет всех сопутствующих жизненному циклу продукции транспортных перевозок как между отдельными этапами жизненного цикла (например, от поставщика сырья до производителя), так и в их пределах (например, в цехах предприятия).

3. Оценка воздействия на протяжении жизненного цикла (ISO 14042).

Оценка воздействия на протяжении жизненного цикла (*life cycle impact assessment*), т.е. оценка значимости потенциальных воздействий на окружающую среду, проводится по результатам инвентаризационного анализа и является методологически самым сложным и потому самым спорным этапом ОЖЦ.

В данной фазе ОЖЦ в первую очередь важно упорядочить зафиксированные на предыдущем этапе экологические воздействия по так называемым категориям воздействий (потребление минеральных ресурсов и энергии, образование токсичных отходов, разрушение озонового слоя стратосферы, парниковый эффект, снижение биологического разнообразия, ущерб здоровью человека и др.). В дальнейшем необходимо количественно охарактеризовать каждую из категорий и сопоставить эти разноплановые воздействия, чтобы ответить на вопрос, какое из них наносит наибольший ущерб окружающей природной среде (например, выбросы парниковых газов или эрозия почв). Для оценки воздействия разработан ряд методик (и соответствующих программных продуктов), ни одна из которых не является универсальной и не лишена субъективизма.

4. Интерпретация жизненного цикла (ISO 14043).

Задачей последнего этапа ОЖЦ интерпретации жизненного цикла (*life cycle interpretation*) является разработка рекомендаций по минимизации вредных воздействий на окружающую среду. Улучшение экологических характеристик продукции благодаря учету рекомендаций ОЖЦ в конечном итоге несет с собой множество экологических (например, снижение материало- и энергоемкости продукта) и экономических преимуществ (например, экономия средств на закупку сырья, повышение спроса со стороны экологически сознательного потребителя, улучшение экономического имиджа предприятия и др.).

Хотя процесс ОЖЦ состоит из четырех последовательных этапов, ОЖЦ является повторяющейся процедурой, в которой опыт, полученный на более позднем этапе, может служить в качестве обратной связи, ведущей к изменению одного или нескольких более ранних этапов процесса оценки.

Для каких целей используется ОЖЦ в Европе? Этот вопрос является одним из ключевых для мотивации любой организации, принимающей решение о фундаментальных переменных в производстве, дизайне продукта или управлении организацией. Основными причинами для проведения ОЖЦ для продукта или услуги являются:

- желание организации собрать информацию об экологических воздействиях продукта или услуги с целью выявления возможностей для уменьшения их воздействия на окружающую среду;
- разъяснение потребителям наилучших способов использования и конечной утилизации продукции;
- сбор информации для поддержки и обеспечения экосертификатов (например, для получения знака экомаркировки).

Сегодня метод ОЖЦ находит все более широкое практическое применение в различных отраслях. Кроме прямого применения для оценки продукции, также ОЖЦ используется в более широком контексте для разработки сложных бизнес-стратегий, государственной политики, касающейся различных сторон жизни общества [8].

В последнее десятилетие исследования в области управления отходами с использованием методологии ОЖЦ играют все более важную роль при выборе наиболее приемлемых решений по их утилизации. В случае анализа системы управления отходами ОЖЦ принимается в качестве основы для сравнения экологической эффективности различных вариантов обращения с отходами и принятия стратегических решений в этой области. Ожидается, что в Европейском союзе в будущем ОЖЦ станет важным инструментом для всех аспектов системы управления отходами. К сожалению, очень часто при оценке жизненного цикла продукции отходам не уделяется достаточного внимания. Обычно ОЖЦ продукции фокусируется на производстве продукции, на стадии ее использования, а отходы зачастую остаются за границами системы, для которой рассчитывается воздействие на окружающую среду. В случае ОЖЦ отходов, наоборот, использованная продукция, которая уже закончила свою жизнь, является *основной целью исследований* [2].

Необходимо отметить, что системы, анализируемые в ОЖЦ управления отходами, как правило, имеют непростую структуру, поскольку обращение с отходами само по себе является сложной системой, которую трудно исследовать. Кроме того, в процессе оценки рассматриваются и другие связанные с ней системы, такие как производство энергии, производство продукции из вторичного сырья и т.д. В таблице 1 показано несколько различий, на которые необходимо обратить внимание при проведении оценки данных систем (табл. 1) [9].

Таблица 1 – Сравнение применения методов оценки жизненного цикла для продукции и для системы управления отходами

ПРОДУКЦИЯ	ОТХОДЫ
-----------	--------

ОЖЦ может быть использована для оптимизации жизненного цикла конкретного продукта, обычно в рамках инфраструктуры системы (система производства энергии, транспортная система, система управления твердыми отходами)	ОЖЦ используется для оптимизации инфраструктуры систем для управления отходами
ОЖЦ была применена сначала для продукции (в 80-е годы)	ОЖЦ стала применяться позднее (в 90-е годы)
Функциональная единица определяется с точки зрения предназначения продукта. Например, стирка одежды или доставка определенного веса или объема продукта потребителю	Обычно функциональная единица имеет отношение к количеству образовавшихся отходов, как правило – 1 тонна на 1 жителя.
Границы системы включают добычу сырья, производство из него продукта, продажу продукта, использование продукта и его утилизацию.	Границы системы начинаются с того момента, когда материалы (продукты) становятся отходами. В систему включаются все стадии обработки отходов (начиная со сбора и транспортирования и заканчивая переработкой или захоронением). То есть до тех пор, пока материалы перестают входить в состав отходов, за счет эмиссий в атмосферу или в воду, превращения в инертные материалы на полигонах, или опять становятся полезным продуктом.
ОЖЦ применяется теми, кто может управлять разработкой продукта, его производством и рынком сбыта	ОЖЦ применяется теми, кто планирует систему управления твердыми отходами

В результате проведенного литературного анализа можно заключить, что одним из новых направлений применения ОЖЦ является сравнение различных систем управления отходами или разработка новой стратегии управления отходами. Несмотря на наличие нормативной базы (ГОСТ Р ИСО 14040-43), методология ОЖЦ в России пока не получила заметного развития и практического применения [1]. В настоящее время опубликованы результаты лишь отдельных российских исследований по применению ОЖЦ в промышленности – в области автомобильного и авиационного транспорта, строительных работ, производства упаковочных материалов, сельскохозяйственной продукции, управления отходами. Метод ОЖЦ заслуживает пристального внимания со стороны российского природоохранного сектора, так как является важным аналитическим средством для обоснования выбора между разными технологиями, сценариями, обладающим надежностью, достоверностью получаемых результатов.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 1440-2010. Экологический менеджмент. Оценка Жизненного Цикла. Принципы и структура / Национальный стандарт Российской Федерации. – М. : Стандартиформ, 2010.
2. Christensen T. Solid Waste Technology & Management. – ISWA, 2011. – 1026 pp.
3. Damgaard A. Life-cycle-assessment of the historical development of air pollution control and energy recovery in waste incineration // Waste Management. – 2010. – № 30. – P. 1244–1250.
4. Guinée J.B., Gorrée M., Heijungs R. Handbook on Life Cycle Assessment. Operational Guide to the ISO Standards. – Kluwer Academic Publishers, 2002. – 692 pp.
5. Horne R., Verghese K., Grant T. Life cycle assessment: principles, practice and prospects – CSIRO Publishing, Melbourne, 2009. – 173 pp.
6. ISO (2006a): Environmental management – life cycle assessment – principles and framework. ISO 14040. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
7. ISO (2006b): Environmental management – life cycle assessment – requirements and guidelines. ISO 14044. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
8. Klöpffer W., Grahl B. Ökobilanz (LCA): Ein Leitfaden für Ausbildung und Beruf. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2009. – 426 pp.
9. McDougall F., White P., Franke M., Hindle P. Integrate Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory, 2nd Edition. – Blackwell Science Ltd., 2001. – 198 pp.

Рецензенты:

Федотов Константин Вадимович, д.техн.н., профессор, генеральный директор Научно-исследовательского и проектного института «ТОМС», г. Иркутск.

Зелинская Елена Валентиновна, д.техн.н., профессор, генеральный директор ООО «ЭкоСтройИнновации», г. Иркутск.