

УДК 628.16(470.55)

ПРИМЕНЕНИЕ ОЦЕНКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Т.Г. Крупнова, И.В. Машкова, А.М. Кострюкова, С.С. Юдаков

Статья содержит обзор публикаций по Оценке жизненного цикла технологий водоподготовки питьевой воды. В статье показано, что инструмент Оценки жизненного цикла может быть полезен для оценки различных воздействий на окружающую среду на протяжении всей технологической цепочки водоподготовки. В данной работе описано исследование ОЖЦ двух вариантов оптимизации существующих сооружений водоподготовки города Южноуральска. Для проведения ОЖЦ было использовано программное обеспечение Sima Pro 8.0.2.

Ключевые слова: Оценка жизненного цикла (ОЖЦ), сооружения водоподготовки, питьевая вода, традиционная водоподготовка.

В Российской Федерации обычно при выборе технологии подготовки воды питьевого качества специалисты руководствуются технологическими и экономическими показателями. В последние годы в мировой практике наметилась тенденция учета влияния технологий на состояние окружающей среды, а именно оценка выбросов в атмосферу, сбросов в водоемы, количества и возможности утилизации отходов и осадков, минимизации истощения природных ресурсов и потребления энергии. Таким образом, на выбор технологии водоподготовки накладываются не только технологические и финансовые ограничения, но и ограничения, связанные с охраной окружающей среды, энерго- и ресурсосбережением. Для прогнозирования такого рода воздействий используют инструментарий Оценки жизненного цикла (ОЖЦ). В настоящей работе нами проанализированы статьи, авторы которых используют метод ОЖЦ для выбора и сравнения технологии подготовки воды питьевого качества.

Первые работы по Оценке жизненного цикла появились в начале 1990-х [1], метод был воспринят научным сообществом неоднозначно и первоначально подвергался критике [2]. В дальнейшем метод получил существенное развитие и в гармонизированном виде оформился в виде международных стандартов ISO 14040 «Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and Framework» и ISO 14044 «Environmental Management. Life Cycle Assessment. Requirements and Guidelines». Методологическая надежность метода значительно улучшилась с разработкой ряда руководящих принципов и учебных пособий [3–5]. В настоящее время существует

ряд международных инициатив по разработке дальнейших рекомендаций развития метода, разрабатывается в качестве самостоятельного метода Оценка стоимости жизненного цикла, Life Cycle Costing (LCC) [6].

ОЖЦ включает в себя четыре основных стадии: 1) определение цели, границ (пространственных и временных) и функциональной единицы (для исследований в области водоподготовки, как правило, в качестве функциональной единицы выбирают 1 м³ воды соответствующего качества); 2) инвентаризация (Life Cycle Inventory, LCI); 3) оценка воздействий (Life Cycle Impact Assessment, LCIA), 4) интерпретация (Life Cycle Interpretation).

В РФ метод ОЖЦ применяется пока крайне редко, несмотря на имеющиеся стандарты [7]. В русскоязычной литературе последних лет рядом исследователей методология ОЖЦ была использована для анализа технологий переработки отходов [8] и очистки сточных вод [9].

В зарубежных исследованиях инструментарий ОЖЦ успешно используется для выбора технологии водоподготовки питьевой воды (Drinking Water Treatment LCA). В таблице представлена краткая информация о публикациях, отражающих результаты таких работ.

Таблица

Публикации по ОЖЦ технологий водоподготовки

Страна	Тип водоемкости	Цель работы	Ссылка
Нидерланды	Подземные воды	Сравнение традиционной технологии водоподготовки и технологии нано-фильтрации	[10]
Южная Африка	Река	Сравнение традиционной технологии водоподготовки и технологии ультра-фильтрации	[11]
Нидерланды	Подземные воды	Сравнение традиционной технологии водоподготовки и технологии обратного осмоса	[12]
Нидерланды	Польдер/канал	Оценка традиционной технологии	[13]
Нидерланды	Поверхностные воды	Сравнение традиционной технологии водоподготовки и технологии нано-фильтрации	[14]
Малайзия	Поверхностные воды	Сравнение традиционной технологии водоподготовки (два варианта: с использованием флотации и тонкослойного отстаивания) и технологии ультра-фильтрации	[15]
Малайзия	Поверхностные воды	Оценка традиционной технологии	[16]

Во всех представленных в таблице работах в качестве функциональной единицы был выбран 1 м³ воды питьевого качества (согласно законодательства соответствующей страны). Большинство исследований являются «gate-to-gate study» (область применения в пределах одного предприятия) и сфокусированные на одной стадии жизненного цикла.

Обычно проведение ОЖЦ требует использования программного обеспечения, например таких программ как SimaPro или GaBi. Эти программные продукты, как правило, включают в себя несколько инвентаризационных баз данных (European reference Life Cycle Data system, U.S. Life-Cycle Inventory database, Ecoinvent и др.), а также позволяют использовать различные методы оценки (Impact2002+, Traci, Ecoindicator и др.).

Часто используемым для оценки воздействий методов является [17, 18]. Eco-Indicator 99 предусматривает список из 11 показателей воздействия, которые отнесены к трем категориям воздействия, т.е. оценка осуществляется по трем видам причиняемого экологического ущерба:

- 1) здоровье человека (единица измерения – число заболеваний, вызванных экологическими изменениями);
- 2) качество экосистемы (единица измерения – количество видов растений, находящихся под угрозой исчезновения);
- 3) ресурсы (единица измерения – дополнительные затраты энергии, необходимые в будущем для компенсации низкого качества ресурсов).

Однако, при расчетах исследователи могут столкнуться с некоторыми ограничениями надежности ОЖЦ. Так как базы данных были разработаны, главным образом, в Европейском контексте, они, как правило, должны быть адаптированы к применению в других географо-экономических регионах. Другой важной проблемой является то, что не все процессы и реагенты, используемые в практике водоподготовки, включены в существующие базы данных.

Как видно из таблицы, наиболее часто к ОЖЦ прибегают в связи с широким внедрением передовых технологий водоподготовки. ОЖЦ позволяет сравнить классические апробированные технологии и новые, пока не имеющие широкой практики применения, спрогнозировать воздействия на окружающую среду, организм человека, визуализировать полученные результаты.

При интерпретации ОЖЦ производят определение проблем и предложений по улучшению технологий. Далее оценивают альтернативные варианты. Такой анализ чувствительности дает информацию о необходимости изменения технологии и проведения дополнительных исследований.

Челябинская область относится к регионам с наиболее напряженным состоянием окружающей природной среды [19], поэтому технологии водоподготовки, применяемые на ее территории требуют особого внимания. Нами ОЖЦ была использована выбора варианта реконструкции станции подготовки

питьевой воды города Южноуральска [20–23]. Для ОЖЦ использовалось программное обеспечение SimaPro 8.0.2. Применили метод оценки воздействий Eco-Indicator 99. В качестве функциональной единицы был выбран 1 м³ питьевой воды, производимой в соответствии с требованиями Сан-ПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Таким образом, Оценка жизненного цикла является современным инструментом повышения энергоэффективности и ресурсосбережения, а также снижения негативного воздействия станций водоподготовки питьевой воды на окружающую среду и здоровье человека.

Библиографический список

1. Guine'e, J.B. Quantitative life cycle assessment of products: 1. Goal definition and inventory / J.B. Guine'e, H.A. Udo de Haes, G.Huppes // J. Clean. Prod. 1993. V. 1. Pp. 3–13.
2. Ayres, R.U. Life cycle analysis: a critique / R.U. Ayres // Resour. Conserv. Recycling. 1995. V. 14. Pp. 199–223.
3. Wenzel, H. Environmental Assessment of Products. vol. 1. Methodology, Tools, Techniques and Case Studies / H. Wenzel, M.Z. Hauschild, L. Alting. – MA.: Kluwer Academic Publishers, 1997. – 544 p.
4. Guine'e, J.B. Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards / J.B. Guine'e. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. – 693 p.
5. Baumann, H. The Hitch Hiker's Guide to LCA: An Orientation in Life Cycle Assessment Methodology and Application. / H. Baumann, A.-M. Tillman. – Lund: Studentlitteratur, 2004. – 544 p.
6. Recent developments in Life Cycle Assessment / G. Finnveden, M.Z. Hauschild, T. Ekvall et. al. // Journal of Environmental Management. 2009. V. 91. Pp. 1–21.
7. ГОСТ Р ИСО 14040-2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура. – М.: Стандартинформ, 2010. – 24 с.
8. Трунова, Е.Ю. Формирование системы управления использованием отходов (на примере электронной промышленности): автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е.Ю. Трунова. – М., 2011. – 28 с.
9. Жильникова, Н.А. Повышение эффективности функционирования производственных систем в территориальных природно-технических комплексах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. / Н.А. Жильникова. – СПб, 2012. – 19 с.
10. Sombekke, H.D.M. Environmental impact assessment of groundwater treatment with nanofiltration / H.D.M. Sombekke, D.K. Voorhoeve, P. Hiemstra // Desalination. 1997. V. 113. Pp. 293–296.
11. Friedrich, E. Environmental life cycle assessment of potable water production. Master thesis of Chemical Engineering / E. Friedrich – South Africa: University of Natal, 2001. – 201 p.
12. Improving ecoefficiency of Amsterdam water supply: a LCA approach / P.K. Mohapatra, M.A. Siebel, H.J. Gijzen et. al // J Water Supp Res Technol Aqua. 2002. V. 51 (4). Pp. 217–227.

13. Environmental and financial life cycle impact assessment of drinking water production at Waternet / R. Barrios, M. Siebela, A. van der Helmb et. al // J. Clean Prod. 2008. V. 16. Pp. 471–476.
14. Comparative life cycle assessment of water treatment plants / A. Bonton, C. Bouchard, B. Barbeau, S. Jedrzejak // Desalination. 2012. V. 284. Pp. 42–54.
15. Sharaai, A.H. Life Cycle Impact Assessment (LCIA) of Potable Water Production in Malaysia: A Comparison among Different Technology Used in Water Treatment Plant / A.H. Sharaai, N.Z. Mahmood, A.H. Sulaiman // Environment Asia. 2010. V. 3(1). Pp. 95–102.
16. Sharaai, A.H. Life Cycle Impact Assessment (LCIA) in Potable Water Production in Malaysia: Potential Impact Analysis Contributed from Production and Construction Phase Using Eco-indicator 99 Evaluation Method / A.H. Sharaai, N.Z. Mahmood, A.H. Sulaiman // World Applied Sciences Journal. 2010. V. 11 (10). Pp. 1230–1237.
17. Goedkoop, M. The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for designers / M. Goedkoop, S. Effting, M. Collgnon. – Amersfoort: PRe Consultants, 2000. – 34 p.
18. Goedkoop, M. The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Methodology report / M. Goedkoop. – Amersfoort: PRe Consultants, 2000. – 132 p.
19. Зыбалов, В.С. Исследование содержания хлорорганических пестицидов в объектах окружающей среды на территории Челябинской области / В.С. Зыбалов, Т.Г. Крупнова // Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: «Химия». – 2014. – Т. 6. – № 3. – С. 39–43.
20. Модернизация технологической схемы подготовки питьевой воды для станции водоподготовки города Южноуральска / А.А. Литвинов, Т.Г. Крупнова, И.В. Машкова, А.М. Кострюкова // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2013. – Т. 1. – С. 144–151.
21. Литвинов, А.А. Разработка проекта реконструкции станции водоподготовки города Южноуральска / А.А. Литвинов, Т.Г. Крупнова // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2014. – № 5 (77). – С. 50–55.
22. Litvinov, A.A. Comparative study of different drinking water treatment technologies using life cycle assessment method / A.A. Litvinov, Krupnova T.G. // 14th SGEM GeoConference on Water Resources. Forest, Marine and Ocean Ecosystems, SGEM2014 Conference Proceedings, June 19-25, 2014. – Vol. 1, Pp. 127–134.
23. Крупнова, Т.Г. Оценка жизненного цикла в экологическом менеджменте технологий водоподготовки питьевой воды: практика применения // Т.Г. Крупнова, А.А. Литвинов // Сборник материалов XIII Международного научно-практического симпозиума и выставки «Чистая вода России», 17-19 марта 2015 года. – Екатеринбург, 2015. – С. 462–468.

[К содержанию](#)