

## **СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОСАДКАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА**

Решение проблемы отходов является приоритетным направлением деятельности в области ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Попытки ее решения без детального эколого-экономического анализа возможных вариантов обращения с отходами часто приводит к принятию решений, последствия реализации которых негативно сказываются на окружающей среде. Не всегда выбор наилучшего варианта обращения с отходами очевиден, так как используемые у нас в стране оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий далеки от совершенства. Общеизвестной методологией, позволяющей провести комплексный анализ продукции и производственных процессов, использования ресурсов с учетом экологических последствий является анализ жизненного цикла (Lifecycle Analysis – LCA).

Методология АЖЦ и методики выполнения отдельных ее этапов активно развивалась и в 90-е годы 20 столетия сформировались как перспективное направление научных исследований и практической деятельности в области охраны окружающей среды. В настоящее время активно разрабатываются методики АЖЦ, дополненные экономической оценкой входных и выходных потоков для исследуемой системы (EconomicInput-OutputLifeCycleAnalysis – EIO-LCA).

В конце 90-х годов прошлого столетия в составе стандартов ИСО серии 14000 были разработаны и введены в действие стандарты по анализу жизненного цикла (ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042, ISO 14043 и др.), определяющие принципы и структуру LCA, основные этапы его проведения. Оценка воздействия ЖЦ, как стадия LCA (ОВЖЦ) позволяет количественно охарактеризовать воздействие на окружающую среду, связанное с потреблением ресурсов, и выходными потоками производственной системы. Особенностью ОВЖЦ является то, что она предполагает использование так называемой функциональной единицы для сравнения различных производственных систем, продукции. При проведении ОВЖЦ систем обращения с отходами, в качестве функциональной единицы обычно используют единицу массы отхода (1 т, 1 кг).

Несмотря на то, что методология LCA достаточно проста для понимания и выглядит логичной и обоснованной, ее практическое применение часто связано с рядом трудностей, в первую очередь касающихся недостатка или неприемлемого качества информации. Проблемы, связанные с практической реализацией методологии LCA, по-разному решаются в различных методиках. Все известные методики выполнения основных этапов LCA и интерпретации его результатов имеют ряд общих черт, но и по ряду существенных признаков различаются. Отличия касаются методик и моделей, которые используются для перевода результатов инвентаризации в показатели воздействия. Для решения практических задач нашли применение методики Eco-indicator 99 (Голландия), EDIP (Дания), Eco-Scarcity Швейцария); EPS (Швеция) и др.

Для выполнения практических работ по LCA разработано программное обеспечение, которое обеспечивает выполнение необходимых расчетов с использованием моделей, управление базами данных. Среди наиболее известных программных продуктов, позволяющих анализировать все стадии жизненного цикла – SimaPro, EcoLab, GaBi, TEAM, WWLCAW и др.

Применению методологии АЖЦ для сравнения различных вариантов обработки и использования осадков с целью выбора приемлемого по воздействию на окружающую среду варианта посвящено большое число работ. Оценка воздействия при этом производится с использованием определенного набора показателей.

Особенностью LCA является то, что она ориентирована на количественную оценку воздействий на окружающую среду, связанных как с потреблением всех видов ресурсов, так и с эмиссией загрязняющих веществ. При оценке воздействия используются процедуры нормализации и взвешивания показателей воздействия.

Показано [1,2], что сочетание анаэробного сбраживания и использования сброженного осадка в сельском хозяйстве – наиболее экологически безопасный способ обращения при условии минимального содержания в осадках тяжелых металлов. Сравнение анаэробного сбраживания, пиролиза, сжигания с захоронением золы, использования сброженного осадка в сельском хозяйстве подтвердило этот вывод [3]. Термические процессы могут конкурировать с сельскохозяйственным применением осадков, в случае выбора подходящей технологии [4]. Однако воздействие исследуемых процессов оценивалось лишь частично, т.к. в исследовании не определялся показатель экотоксичности и токсичности для здоровья человека. В связи с этим, сделать однозначный вывод о предпочтительности термического либо

сельскохозяйственного использования осадков сточных вод, основываясь только на энергетических балансах процессов и сравнении потенциалов глобального потепления, не представляется возможным.

С использованием экологической и экономической оценки жизненного цикла проведено сравнение мезофильного и термофильного анаэробного сбраживания осадков с различной концентрацией органических веществ и с использованием предварительного термического гидролиза. По ряду показателей предпочтительным является анаэробное сбраживание при высокой концентрации органических веществ с предварительным термогидролизом [5].

Достоверность и надежность выводов по результатам АЖЦ во многом зависит от полноты данных по показателям эмиссии загрязняющих веществ как в процессах подготовки осадков к использованию, так и при использовании осадков и вторичных отходов.

В БГТУ проводятся комплексные исследования по сравнению различных вариантов обработки и использования осадков очистных сооружений канализации на основе методологии LCA. Они включают определение показателей эмиссии загрязняющих веществ для процессов, используемых для обработки осадков, использование опубликованных данных по факторам эмиссии, в том числе базы данных Ecoinvent. Для вариантов, по которым производится сравнение, составляются материальные и энергетические балансы. Оценка воздействия проводится с использованием методики LCA «Eco-Indicator 99» [6], метод оценки воздействия ReCiPe и программное обеспечение SimaPro (v.8.0.3).

Среди вариантов, по которым проводилась оценка: механическое обезвоживание (МО) – захоронение; МО–известкование– использование в сельском хозяйстве (ИСХ); МО –известкование– производство цемента; мезофильное анаэробное сбраживание – МО – ИСХ; МО – компостирование– ИСХ; МО – термическая сушка – производство цемента; мезофильное анаэробное сбраживание – МО – термическая сушка – сжигание; МО – сушка – сжигание.

Показатели (категории), по которым производили сравнение, включали выбросы (эмиссию)  $SO_2$ , CO,  $NO_x$ , летучих органических соединений (ЛОС), твердых частиц ( $PM_{10}$ ); потенциал глобального потепления (ПГП по  $CO_2$ ), расход электроэнергии, расход тепловой энергии и топлива (всего до 12 показателей).

Результаты сравнения зависели от количества образующихся осадков, условий транспортировки осадков и других факторов. По показателям ПГП, «расход тепловой энергии и топлива» и некоторым другим наименьшим воздействием на окружающую среду харак-

теризуются варианты с анаэробным сбраживанием. Если осадок не может использоваться в качестве удобрения, то наилучшим вариантом является анаэробное сбраживание с последующей сушкой и использованием при производстве цемента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bridle, T., Skrypski-Mantele, S. Assessment of sludge reuse options: A life-cycle approach // *Water Science & Technology*. – 2000. Т. 41, № 8. P. 131–135.

2. Suh, Y.J., Rousseaux, P. An LCA of alternative wastewater sludge treatment scenarios // *Resources Conservation & Recycling*. – 2002. Т. 35, P. 191–200.

3. Hospido, A., Moreira, M. T., Martin, M., Rigola, M., Feijoo, G. Environmental evaluation of different treatment processes for sludge from urban wastewater treatments: Anaerobic digestion versus thermal processes / A. Hospido, M. T. Moreira, M. Martin, M. Rigola, G. Feijoo // *The International Journal of Life Cycle Assessment*. – 2005, Т. 10, № .5. P. 336–345.

4. Onaka, T. Sewage can make Portland cement: A new technology for ultimate reuse of sewage sludge // *Water Science & Technology*. – 2000, Т. 41, № 8, P. 93–98.

5. Li, H. Chang, Z. Zhanying, O. Mundree, S. Environmental and economic life cycle assessment of energy recovery from sewage sludge through different anaerobic digestion pathways // *Energy*. – 2017, Т.126, № 1, P. 649–657.

6. THE ECO-INDICATOR 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for Designers // Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, the Netherlands. 2000. – P. 49.