

образования Республики Беларусь в рамках задания 3.2.9 ГПНИ «Материаловедение, новые материалы и технологии» подпрограмма «Электромагнитные, пучково-плазменные и литейно-деформационные технологии обработки и создания материалов».

Список использованных источников

1. Савич В.В., Сарока Д.И., Киселев М.Г., Макаренко М.В. Модификация поверхности титановых имплантатов и ее влияние на их физико-химические и биомеханические параметры в биологических средах. Минск, «Беларуская навука», 2012, 244 с.
2. Яшкова, С.С., Бобков Н.В. Повышение прочностных характеристик титановых сплавов // Молодой ученый. – 2016. - №28 (132). – С. 215-217.
3. Борозна, В. Ю. Повышение физико-механических свойств титановых сплавов путем модифицирования поверхности и формирования композитного металл-полимерного слоя ультразвуковой обработкой : диссертация ... кандидата технических наук : 05.16.09 / Борозна Вячеслав Юрьевич; [Место защиты: Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН].- Томск, 2011.- 134 с.: ил. РГБ ОД, 61 12-5/1043
4. Погребняк, А. Д., Базыль Е. А., Свириденко Н. В. Влияние облучения электронными и ионными пучками на физико-механические свойства титановых сплавов // Успехи физического металловедения / Усп. Fiz. Met. – 2004. – № 5. – С. 257–281.

УДК 628.381.1

В.Н. Марцуль, И.В. Войтов

Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВАРИАНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПО ВОЗДЕЙСТВИЮ НА КЛИМАТ

Аннотация. Представлены результаты анализа жизненного цикла вариантов подготовки к использованию и использования многотоннажных отходов – осадков очистных сооружений по 12 показателям, характеризующим воздействие на окружающую среду.

USE OF LIFE CYCLE ANALYSIS METHODOLOGY TO ASSESS WASTE USE OPTIONS FOR CLIMATE IMPACT

Abstract. The results of the analysis of the life cycle of options for the preparation for use and the use of large-tonnage waste - sewage treatment plant sludge are presented according to 12 indicators characterizing the impact on the environment.

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.

Рассмотрим проблему использования отходов на примере осадков сточных вод (ОСВ). Существующая нормативная правовая база и сложившаяся практика обращения с осадками, как с одним из видов отходов, не позволяет в полной мере использовать их потенциал как ценного возобновляемого вторичного сырья.

Учитывая то, что основная масса осадков образуется на очистных сооружениях канализации (ОСК), важнейшее значение приобретает переход на новые подходы к их реконструкции, базирующиеся на подходах, характерных для циркуляционной экономики. Ключевую роль в переходе ОСК на принципы циркуляционной экономики играют используемые варианты обращения с осадками очистных сооружений. Выбор вариантов зависит от многих факторов, в числе которых уровень научных и технических достижений, принятая политика и стратегия в области водоотведения и использования осадков, требования законодательства, доступность финансовых средств.

Для обработки и использования осадков разработано и апробировано множество технологий и специального оборудования. Разнообразие технологических решений, которые нашли применение на практике, обусловлено сложным многокомпонентным составом и уникальным набором свойств, характерных для осадков. Выбор направлений использования и технологий обработки осадков для конкретного объекта представляет собой достаточно сложную задачу.

Среди известных направлений использования ОСВ можно выделить три основные:

- использование на земле (рекультивация нарушенных земель, внесение в качестве органико-минерального удобрения и почвоулучшающей добавки под сельскохозяйственные культуры, лесное хозяйство и т.п.);

- использование в производственных процессах (в качестве выгорающей добавки в производстве строительной керамики, в составе материалов при производстве дорожно-строительных работ, в качестве топлива и др.);

- энергетическое использование (биогазовые технологии, моносжигание и сжигание в смеси с другими отходами, .

Направление использования и технология обработки выбираются с учетом состава и свойств осадков, особенностей конкретного объекта и целого комплекса условий, ограничений и требований.

Выбор технологии подготовки осадков ОСК должен производиться путем сравнения альтернативных вариантов технологических решений и оборудования для условий конкретной ОСК. При проведении анализа возможных вариантов проектных решений по подготовке и использованию осадков ОСК в обязательном порядке составлять материальный и энергетический балансы, проводить анализ жизненного цикла по эколого-экономическим показателям как всего комплекса по использованию осадков, так и основного технологического оборудования.

Анализ существующей практики обращения с осадками в Беларуси и потребностей в продукции и материалах, которые могут быть получены из осадков, на период становления системы обращения с осадками следующие направления использования: для рекультивации мини-полигонов и выработанных карьеров; в качестве изолирующего слоя на полигонах ТКО; для рекультивации нарушенных земель; в качестве почво-грунтов при создании энергетических плантаций короткого цикла ротации; городском хозяйстве (планировка территории, цветоводство, питомники и т.п.).

Общепризнанной методологией, позволяющей провести комплексный анализ продукции и производственных процессов, использования ресурсов с учетом экологических последствий является анализ жизненного цикла (Life cycle 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 (Economic Input-Output Life Cycle Analysis – 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) SO₂, CO, NO_x, летучих органических соединений (ЛОС), твердых частиц (PM₁₀); потенциал глобального потепления (ПГП по CO₂), 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 характеризуются 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.

Список использованных источников

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

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

УДК 620.19

А.В. Кешин, А.А. Черник

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ ВАНАДИЙСОДЕРЖАЩИХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВАХ

Аннотация. В данной работе рассматривалась возможность использования промышленных стоков, содержащих в своем составе соединения ванадия в виде оксоанионов для последующего приготовления электролита анодирования алюминиевых сплавов. Исследовано влияние включенных, в состав оксида, соединений ванадия на скорость коррозии.

A.V. Keshin, A.A. Chernik

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

APPLICATION OF VANADIUM-CONTAINING INDUSTRIAL WASTE FOR OBTAINING PROTECTIVE COATINGS ON ALUMINUM ALLOYS

Abstract. In this work, we considered the possibility of using industrial effluents containing vanadium compounds in the form of oxoanions for the subsequent preparation of anodizing electrolyte for aluminum alloys. The effect of vanadium compounds included in the composition of the oxide on the corrosion rate has been studied.

Известно, что в процессе анодирования в состав получаемого оксидного покрытия включаются частицы, содержащиеся в электролите анодирования [1]. Так было предложено использовать