

9. Романова С.М., Фатыхова Л.А., Мартышкин К.Н. Вестник КТУ. 2017. Т. 20, № 13. С. 5-11.

10. Романова С.М., Фатыхова Л.А. Известия высших учебных заведений. 2021. Т. 64, № 5. С. 30-34.

11. Романова С.М., Фатыхова Л.А. Вестник технологического университета. 2023. Т. 26, № 12. С. 23-30.

12. Поляков А.И. Высокомолекулярные соединения. 1972. Т. 6. С. 1278-1282.

УДК 628.381.1

В.Н. Марцуль, проф., канд. техн. наук;

И.В. Войтов, проф., д-р техн. наук
(БГТУ, г. Минск)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ И ОБРАЩЕНИЯ С НИМИ

Одной из актуальных проблем в области охраны окружающей среды, является обеспечение норм экологической безопасности при обращении с осадками очистных сооружений канализации (ОСК). Особенностью данного вида отходов является сложный многокомпонентный состав и уникальные свойства. С одной стороны – это опасные отходы, обращение с которыми требует соблюдения специальных мер предосторожности, с другой – ценный возобновляемый ресурс.

Осадки характеризуются весьма ценными агрохимическими свойствами, достаточно высокой теплотой сгорания, что позволяет их рассматривать в качестве ценного материала, использование которого при соблюдении определенных условий может способствовать решению проблем ресурсосбережения и охраны окружающей среды.

С обработкой, подготовкой к использованию, транспортировкой и другими операциями с ОСК связано воздействие на окружающую среду, которое обусловлено выбросами загрязняющих (в том числе дурнопахнущих) веществ и парниковых газов в атмосферный воздух, значительным энергопотреблением, отчуждением земельных ресурсов, загрязнением подземных вод и др. Однако при выборе соответствующих технологических решений и оборудования решение проблемы осадков может внести конкретный вклад в становление экономики замкнутого цикла и достижение углеродной нейтральности водопроводно-канализационного

хозяйства. Последнее связано с возможностью организации на основе ОСК получения органоминеральных и фосфорсодержащих удобрений, использованием их для производства тепловой и электрической энергии, созданием энергетических плантаций короткого цикла ротации.

Выбор направлений использования ОСК определяется действующей нормативной правовой базой, регулирующей отношения в области обращения с отходами, доступностью соответствующих технологий и оборудования, экономическими факторами. В международной правовой практике ОСК и близкие им по составу осадки сточных вод ряда производств относятся к группе отходов, обращение с которыми регулируется отдельными нормативными правовыми актами [1, 2].

Одним из основных направлений использования осадков, которое апробировано на практике во многих странах, является использование на земле: растениеводство, получение почво-грунтов различного назначения; рекультивация нарушенных земель на объектах заверщенного строительства, промышленного производства, добычи полезных ископаемых и др.; лесное хозяйство, в том числе создание энергетических плантаций; озеленение и благоустройство территорий, цветоводство и др.

Несмотря на очевидную привлекательность этого направления, ввиду сложного многокомпонентного состава и практической невозможности нормировать содержание значительного количества веществ, входящих в состав ОСК (в ОСК крупных городов идентифицировано более 700 веществ) в ряде стран от него постепенно отказываются. Это связано со сложностью выполнения всех условий и ограничений, которые должны быть соблюдены. К факторам, ограничивающим площадь земель, доступных для использования осадков, относятся [1, 2]: предельные значения концентраций тяжелых металлов в осадках; максимальная годовая нагрузка по каждому нормируемому тяжелому металлу, создаваемая при внесении осадка в почву; максимальное количество осадков (по сухому веществу), вносимых в почву на единицу площади в год; требования по содержанию патогенов или использование определенной обработки, после которой патогенные микроорганизмы в осадках практически отсутствуют; регламентация технологии обработки осадка перед их использованием; минимальная частота анализа состава осадков; получение разрешения на использование необработанных осадков на почве; регламентация продолжительности периода между использованием (внесением) осадка и выпасом скота, сбором урожая и продукции, которая находится в непосредственном контакте с осадком и потребляется в сыром виде; ограничения (специальные требования) при использовании осадков на

почвах с pH ниже 6; использование осадков в условиях, обеспечивающих защиту поверхностных и подземных вод; проведение анализа почвы и осадков с определением установленных показателей и доведением их до потребителей; документальное оформление всех стадий жизненного цикла ОСК.

Значительная теплотворная способность, сравнимая при соответствующей подготовке осадков с теплотворной способностью торфа и древесных пеллет, позволяет их использовать в теплоэнергетических установках. Сжигание ОСК может производиться как совместно с твердым топливом (бурые угли, каменный уголь), промышленными отходами, твердыми коммунальными отходами, так и как моносжигание. Осадки используются в качестве топлива в промышленных установках (производство цемента и др.).

Одним из вариантов реализации энергетического потенциала ОСК является получение биогаза и его использование в качестве топлива в когенерационных установках, для получения биометана. Установки энергохимической переработки ОСК (пиролиз, газификация и др.) находятся в стадии опытно-промышленной эксплуатации.

Для подготовки осадков к использованию применяются уплотнение, сгущение (с реагентным кондиционированием и без); механическое обезвоживание (с кондиционированием); анаэробное сбраживание (мезофильное и термофильное); компостирование; другие, кроме анаэробного сбраживания, способы стабилизация (известкование, аэробная стабилизация, выдержка на иловых площадках и др.).

Важнейшей операцией, обеспечивающей транспортировку и подготовку к использованию осадков, которые представляют собой агрегативно и седиментационно устойчивые суспензии гидрофильных веществ, является механическое обезвоживание. Для него используются мешочные фильтры, геотубы, ленточные фильтр-прессы, центрифуги, камерные и гидравлические фильтр-прессы. Для повышения эффективности этого процесса совершенствуются технологии кондиционирования осадков перед обезвоживанием, используются системы управления процессом обезвоживания осадка на основе искусственного интеллекта и непрерывного измерения содержания воды в обезвоженном осадке в режиме реального времени, разрабатываются и производятся более совершенные системы механического обезвоживания.

Анаэробное сбраживание является распространенной технологией, обеспечивающей получение биогаза и биоудобрения. Совершенствование этой технологии идет в направлении повышения выхода биогаза за

счет предварительной подготовки осадков (механическая дезинтеграции осадка – ультразвук, гидромеханическая обработка; термическая предварительная обработка – термогидролиз; химическая обработка – щелочной или кислотный гидролиз и др.; комбинированные методы), совместного сбраживания с отходами, содержащими биополимеры (коферментация). Например, использование самого распространенного в настоящее время процесса предварительной подготовки осадков к сбраживанию методом термогидролиза (установки фирмы SAMBI – 91 установка в 28 странах мира) обеспечивает повышение выхода биогаза на 30-40% при сокращении продолжительности процесса и увеличении удельной нагрузки на метантенк. Это позволяет в значительной степени удовлетворить потребности очистных сооружений в тепловой и электрической энергии.

Иловые воды, образующиеся в процессах уплотнения и механического обезвоживания обработанных и необработанных осадков, характеризуются высоким содержанием фосфатов и азота аммонийного, для извлечения которых разработано более 30 технологий. На большинстве действующих установок (например, фирмы OSTARA – 23 установки) они извлекаются в виде кристаллического магний аммоний фосфата [3].

Большинство технологий по обработке и подготовке к использованию ОСК достаточно сложны, требуют дорогостоящего оборудования и соответствующей подготовки персонала. Экономическая эффективность их использования в значительной степени зависит от объема образующихся осадков. Анализ существующей ситуации с обращением с осадками в Республике Беларусь свидетельствует о том, что для Беларуси есть реальный шанс использовать современные технологии обработки осадков, позволяющие не только решить проблему ОСК, но и получить определенный как экологический, но и экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture.
2. Стандарт США по использованию и удалению осадков сточных вод (40 CFR PART 503 «Standards for the use or disposal of Sewage Sludge»).
3. A. Witek-Krowiak, K. Gorazda, D. Szopa, K. Trzaska, K. Moustakas, K. Chojnacka. Phosphorus recovery from wastewater and bio-based waste: an overview. *Bioengineered*. 2022 Jun 5;13(5). P. 13474–13506.