

УДК 628.31

И. В. САТИН, А. С. ТРЯКИНА

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ФИЛЬТРАТА

Изучена проблема накопления фильтрата полигонов твердых бытовых отходов. Показаны основные методы очистки, выделены основные этапы, достоинства и недостатки технологий. Предложены сферы применения рассмотренных технологий в условиях эксплуатации полигонов в Донецкой области. На основе сравнительного анализа и изучения исследований других авторов определено, что выбор рациональной технологии переработки фильтрата зависит от многих факторов: состава фильтрата, финансовых возможностей и требований, предъявляемых к очищаемой воде.

фильтрат, ТБО, полигон, сравнительный анализ

Формулировка проблемы и анализ публикаций. Донецкая область относится к наиболее экологически напряженным регионам Украины. На фоне повышенной техногенной нагрузки высокая плотность населения привела к неконтролируемому увеличению объемов накопления твердых бытовых отходов (ТБО) и других вредных эмиссий.

Накопление ТБО в Донецкой области вызывает многократную негативную трансформацию экотопов и биоэкосистем. Традиционным и наиболее доступным способом обезвреживания ТБО в регионе является их складирование на полигонах (свалках). Площадь земель, занятых отходами, в Донецкой области по состоянию на 01.01.2009 г. составляет 330 га [1]. Ежегодно накапливается около 6 млн. м³ ТБО [2]. При этом объемы образования ТБО увеличиваются на 4-6% в год. Морфологический состав ТБО постоянно изменяется. Увеличивается удельный вес пластмассы, целлюлозо- и лигнинсодержащих компонентов [2]. Существующие свалки ТБО исчерпали свои ресурсы и не соответствуют требованиям проектных, а также санитарно-экологических норм.

Фильтрат – жидкая фаза, образующаяся на полигоне при захоронении ТБО влажностью более 55% и, вследствие атмосферных осадков, их объем превышает количество влаги, испаряющейся с поверхности полигона [4].

Проблема очистки фильтрата полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) далеко не новая, а в данный момент достигла пика своей актуальности на фоне активно разворачивающейся борьбы за экологическую безопасность жизнедеятельности человека. Эксплуатация полигонов ведется без учета современных экологических требований, таких как наличие дренажной системы для отвода фильтрата и изолирующего экрана. К тому же существующие полигоны либо давно уже выработали свой нормативный срок и ТБО свозятся на них из-за отсутствия какой-либо альтернативы, либо же ресурс полигонов практически исчерпан.

Высокоразвитые страны научились получать с помощью переработки ТБО биогаз, сортировка же мусора на ранней стадии позволяет получить бесплатное сырье для изготовления бумаги, ПЭТ-тары, органо-минеральных удобрений и др. В этом случае развитие рынка вторичного сырья должно происходить одновременно с развитием новых систем сбора и переработки вторичного сырья.

Взаимосвязь с практическими заданиями. Работа выполнена в поддержку государственной темы К 3-06-01 "Повышение эффективности систем городского хозяйства" и региональной программы "Охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности Донецкой области до 2010 года".

Целью предложенной работы является выбор рациональной технологии переработки фильтрата. Ставится **задача** – изучить технологии очистки фильтрата в сравнении.

Изложение исследовательской работы. В Украине полигонами можно считать не более 10% мест захоронения отходов. Как известно, свалка – это источник загрязнения окружающей среды. Она является источником тяжелых инфекционных заболеваний, переносимых мухами, комарами и грызунами.

В течение движения мусора от контейнера до свалок (полигонов) включительно и их эксплуатации выделяется так называемый фильтрат – жидкая коричнево-бурая составляющая ТБО с резко выраженным гнилостным запахом. Эффективных технологий очистки и утилизации фильтрата пока не существует.

Основными источниками образования фильтрата в теле полигона являются: исходная влажность отдельных компонентов; атмосферная влага; влага, образующаяся в результате биохимических процессов в теле полигонов ТБО.

Фильтрационные воды отличаются неравномерностью накопления в течение года за счет сезонности атмосферных осадков. На практике принято различать так называемый "молодой" и "старый" фильтрат. "Молодой" образуется на первых этапах разложения отходов и имеет продолжительность существования до 5-10 лет, характеризуется средним значением рН и высоким значением БПК, иногда до 40 000 мгО₂/дм³. "Старый" фильтрат образуется в основном на постэксплуатационном этапе жизнедеятельности полигона и характеризуется БПК около 200-400 мгО₂/дм³.

Основными источниками образования фильтрата являются продукты анаэробного разложения ТБО, проникновения атмосферных осадков. Поэтому целесообразно во избежание последнего фактора и распространения болезнетворных микроорганизмов посредством различных представителей фауны использовать на пунктах сбора ТБО закрытые пластиковые разноцветные контейнеры с надписями на каждом из них "стекло", "бумага", и т.д.

Для защиты грунтовых и поверхностных вод от загрязнения фильтратом при строительстве полигонов предусматривается создание многослойного экрана по дну и откосам котлована.

Химический состав фильтрата в основном зависит от морфологического состава ТБО и времени нахождения в теле полигона.

Анализ состава фильтрата свидетельствует о широком многообразии химических элементов и их концентрации. Следовательно, состав фильтрата является определяющим фактором при выборе схемы очистки, как правило, выделяют физико-химическую, биологическую очистку или их комбинацию. Все большее распространение в последнее время приобретает мембранная очистка.

Существует и малоизвестные методы очистки такие как:

- 1) утилизация фильтрата с использованием фермента класса оксигеназ;
- 2) электроплазменная технология очистки и обеззараживания;
- 3) гальвано- и электрокоагуляция;

Остановимся на сравнении некоторых из них.

Биологическая очистка методом Bayer-Turmbiologie широко применяется в Германии и имеет следующий вид: дренажные воды со свалки собираются в резервуар и последовательно проходят: предварительную фильтрацию, стадию денитрификации и нитрификации. Этот метод используется при очистке фильтрационных вод в Кельне. В Польше же в 1994 г. были построены дополнительные сооружения для доочистки с помощью ультрафильтрации и адсорбции на активных углях.

Денитрификационный реактор оборудован мешалкой. В качестве питательных веществ дозируются соляная, фосфорная кислоты, а также лимонная кислота, которая является поставщиком углерода. На данной стадии нитраты превращаются в элементарный азот. После прохождения денитрификационной стадии аммоний попадает на нитрификационную стадию, которая осуществляется в замкнутом реакторе. На нитрификационной стадии достигается следующее: аммоний переходит в нитраты, нитраты – в газообразный азот. На выходе устанавливается установка ультрафильтрации. Заключительная стадия очистки – адсорбционная установка на активных углях, на которой удаляются остаточные БПК и ХПК (рис. 1). Снижение БПК и ХПК достигает 90%, 80% соответственно.

В основе **гальванокоагуляции** лежит принцип работы гальванического элемента, при этом очищаемая вода обрабатывается смесью токопроводящих материалов, один из которых обладает коагулирующей способностью. Установка содержит блок гальванокоагуляции (гальванокоагулятор, скорый песчаный фильтр) и блок адсорбции (рис. 2).

За счет разности электрохимических потенциалов токопроводящих элементов на контакте "железная стружка – углеродсодержащий материал" возникает множество гальванопар, что вызывает

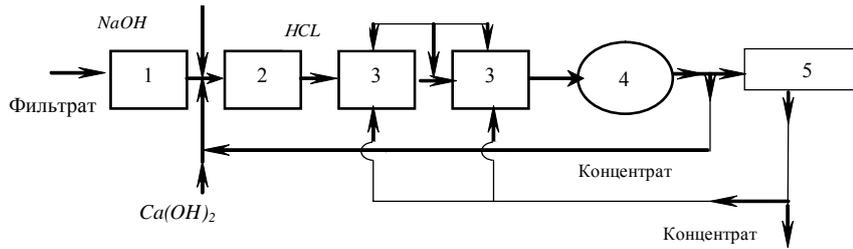


Рисунок 1 – Схема биологической очистки фильтрата с доочисткой ультрафильтрацией и абсорбцией на углях: 1 – приемный резервуар; 2 – емкость денитрификации; 3 – емкость нитрификации; 4 – отстойник; 5 – ультрафильтрация; 6 – фильтры с АУ.

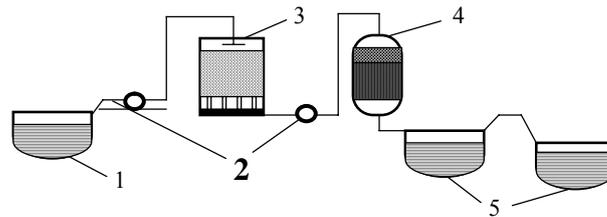


Рисунок 2 – Схема очистки фильтрата полигонов ТБО методом гальванокоагуляции: 1 – пруд-накопитель; 2 – система подачи воды; 3 – гальванокоагулятор; 4 – песчаный фильтр; 5 – каскадные биологические пруды.

интенсивное окисление и растворение металла, электролиз воды, смещение рН. Образующиеся ионы железа или алюминия переходят в различные гидроксидные и оксигидратные формы: $Fe(OH)_2$, $FeOOH$, $Fe(OH)_3$, $Fe(OH)^{2+}$, $Al(OH)^{2+}$, $[Al(OH)_4]^-$, $Al(OH)_3$, которые способствуют коагуляции, осаждению, сорбции примесей из очищаемой воды. В качестве гальванопар применяются металлический скрап и углеродсодержащие отходы различных производств. Оптимальным соотношением реагентов "сорбент-Н – железные опилки" является 1:2, при этом эффективность очистки по ХПК равна 60%, по цветности – 80%. Воду после гальванокоагуляции с такими показателями можно направлять в биологические пруды.

На основании изучения качественного и количественного состава сточных вод полигонов ТБО появилось новое направление утилизации фильтрата с помощью **ферментов класса оксигеназ**, которые используются для интенсификации процессов разложения трудноокисляемых органических соединений. После обработки вышеуказанным ферментом фильтрат разрешается к сбросу в городскую канализацию с последующей очисткой смеси на очистных сооружениях. Таким методом достигается значительное снижение содержания цинка, хрома, меди, отсутствуют смолы, мазут, абразив, пластиковая стружка.

Сейчас наиболее распространенным среди существующих методов является очистка фильтрата **методом обратного осмоса** (рис. 3).

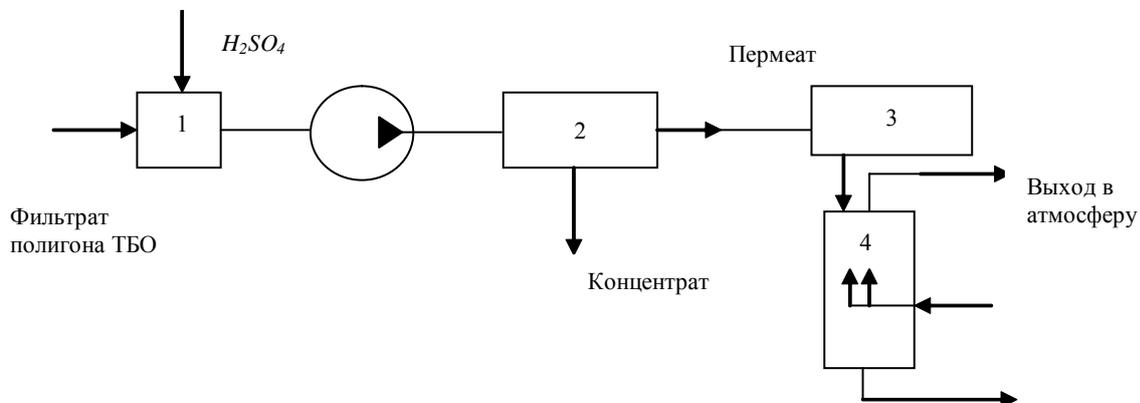


Рисунок 3 – Схема очистки фильтрата полигонов ТБО методом обратного осмоса: 1 – приемный резервуар; 2 – установка обратного осмоса; 3 – сборник очищенного фильтрата; 4 – дегазатор.

Фирма "ROSHEM" (Германия), обеспечивает своими установками очистку фильтрата более чем на 140 соответствующих объектах по всему миру. Обратноосмотические установки способны, в зависимости от качества исходной воды и ступеней каждой отдельной фильтрационной системы, задерживать около 99% органических и неорганических примесей. Данный метод широко используется в Германии (свалки "Huntene Dollart", "Helvesiek", "Guda-Buscheritz"). Использование данной схемы очистки позволяет значительно снизить содержание БПК и ХПК, хлоридов, аммиака. При фильтрации через мембрану поток разделяется на очищенную воду (пермеат), и концентрат (рис. 3). Давление на установках составляет от 65 до 150 бар (в зависимости от степени очистки). Полученный пермеат восстанавливается на биотопах и сливается в поверхностные водоемы. Данная установка производительностью 200 м³/сут действует на полигоне №5 Киевской области. Ежесуточное пополнение общего объема имеющегося фильтрата в 1,5-2 раза больше, чем производительность установки. Полученный концентрат (5-10% от исходной воды) должен утилизироваться. Основными недостатками предложенной схемы является ее дороговизна и большое количество образующегося концентрата, который очень сложно утилизировать. На полигоне твердых бытовых отходов №5 в с. Подгорцы Обуховского района Киевской области концентрат просто собирали в специальные озера-накопители, которые уже давно переполнены, более того, за счет разбавления атмосферным осадком концентрат вновь превращался в фильтрат. В связи со сложившейся ситуацией были изучены возможные варианты очистки или утилизации концентрата, в том числе с помощью химического связывания концентрата, посредством использования одностадийной технологии с использованием дешевого и доступного сырья – отходов производства. На полигоне твердых бытовых отходов запущено в исследовательскую эксплуатацию установки по очистке фильтрата итальянской фирмы "УОММ" с получением сухого осадка. Это даст возможность обезвредить фильтрат в течение ближайших трех лет. Целью строительства является существенное улучшение санитарной и экологической обстановки в районе полигона. Строительство проводилось в течение года, стоимость I очереди – 69 млн. 153 тыс. грн. Образованный сухой остаток герметически упаковывается и по опыту иностранных государств используется для производства строительных материалов, в сельском хозяйстве.

Институтом биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины разработана безотходная одностадийная технология, позволяющая эффективно решать проблему утилизации концентрата путем изменения его агрегатного состояния с последующим размещением полученного материала на теле свалки. Отработаны оптимальные рецептуры и технологические режимы, позволяющие получать такие материалы при затратах 5-6 грн. на рецептурные составляющие для фиксации 1 м³ концентрата. Как показали детальные исследования, проведенные Институтом гигиены и медицинской экологии им. А. М. Марзеева АМН Украины, материалы, полученные в процессе связывания концентрата, практически водонерастворимы, относятся к 4-му классу опасности и являются безопасными для окружающей среды и человека (заключение № 5/10/6051 от 19.02.2002 г.).

Поскольку концентрат по химическому составу можно отнести к наиболее токсичным отходам, то следует ожидать положительных результатов при фиксации высококонцентрированных остатков иного происхождения.

Разработан также **способ закрепления фильтрата с помощью гелеобразующих растворов**. Практическая направленность работы обусловила необходимость выполнения ряда условий. Прежде всего, изменение агрегатного состояния фильтрата должно достигаться путем его механического смешения с гелеобразующими растворами. Кроме того, технология приготовления таких растворов должна быть простой, не требовать специального оборудования, высоких температур и давлений, сам процесс не должен сопровождаться тепловыми эффектами, образованием газообразных и других отходов, а в состав таких растворов должны входить доступные и недорогие, нетоксичные и пожаровзрывобезопасные реагенты. В результате были подобраны оптимальные для реальной ситуации составы гелеобразующих растворов (рецептуры на основе местной глины и жидкого стекла) и отработан процесс гелеобразования в условиях свалки. Показано, что одним объемом гелеобразующего раствора можно перевести в гелеобразное состояние до трех объемов фильтрата. Отработан вариант частичного закрепления фильтрата. Благодаря высоким адсорбционным свойствам одного из компонентов гелеобразующего раствора и конечных продуктов, неполное закрепление фильтрата сопровождается частичной очисткой незакрепленной части фильтрата в зоне действия такого раствора, а его вяжущие свойства способствуют упрочнению периметра озера-накопителя.

Составными частями как конечными продуктами образованной массы являются труднорастворимые гидроксиды тяжелых металлов, природная глина и гель кремниевой кислоты. Со временем возможно также образование труднорастворимых силикатов и карбонатов различных металлов, что, в свою очередь, способствует дополнительному упрочнению получаемого материала.

Разработанные способы нейтрализации высокотоксичных продуктов деятельности свалки ТБО позволяют при небольших затратах эффективно решать одну из сложных экологических проблем. Еще одним их достоинством является то, что полученные в процессе реализации предложенных технологических решений материалы остаются на территории свалки.

Очевидно, что только комплексный подход, включающий стадии отбора и локализации фильтрата, его очистки, а также утилизации концентрата, способен решить важную экологическую проблему.

В некоторых странах (Германии, Финляндии, Чехии, Литве) широко используется **электроплазменная технология** очистки и обеззараживания фильтрата полигонов ТБО. Метод базируется на электрофизических явлениях, а именно на фильтрат действуют импульсные электромагнитные поля, импульсные электрические разряды (плазма), знакопеременные электрические поля. Управляя основными характеристиками поля, обеспечивается необходимая степень очистки. Очистной комплекс состоит из 3-х основных функциональных блоков: импульсный эжекционный магнитный активатор; блок холодной плазмы; электрогазационный стабилизатор.

Причем каждый из этих блоков может работать самостоятельно в зависимости от требуемой степени очистки и качества исходного фильтрата. С помощью данного метода значительно снижается ХПК и БПК, содержание азота, фосфатов, хлоридов, ПАВ.

Помимо вышерассмотренных технологий существуют комбинированные методы очистки, которые могут включать комбинации уже описанных методов или же не приведенных в данной статье.

Выводы и перспективы исследований. Определено, что выбор рациональной технологии переработки фильтрата зависит от многих факторов: состава фильтрата, финансовых возможностей и требований, предъявляемых к очищаемой воде.

Первоочередной задачей является уменьшение количества фильтрата и его токсичности, увеличение способности фильтрата подвергаться обработке за счет изменения конечного морфологического состава мусора на полигонах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маторін Є. І. Загальний стан справ у сфері поводження з відходами в Україні // Науково-виробничий семінар: Сучасні та перспективні технології захоронення та утилізації твердих побутових відходів. – К.: Державна академія житлово-комунального господарства, 2001р. – 52 с.
2. Програма охорони навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки Донецької області на 2001-2005 роки. – Донецьк, 2001. – 135 с.
3. Парфенюк А. С., Антонюк С. И., Топоров А. А. Альтернативное решение проблемы твердых бытовых отходов в Украине // Экотехнология и ресурсосбережение. – 2002. – №4.
4. ДБН В.2.4-2-2005. ПОЛІГОНИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ. Основні положення проектування.
5. Закон України "Про відходи". Офіційний вісник України від 16.04.1998 – 1998 р., № 13. – С. 23.

І. В. САТИН, А. С. ТРЯКИНА

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ФІЛЬТРАТУ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Вивчена проблема накопичення фільтрату полігонів твердих побутових відходів. Показані основні методи очищення, виділені основні етапи, переваги і недоліки технологій. Запропоновані сфери застосування розглянутих технологій в умовах експлуатації полігонів в Донецькій області. На основі порівняльного аналізу і вивчення досліджень інших авторів визначено, що вибір раціональної технології переробки фільтрату залежить від багатьох чинників: складу фільтрату, фінансових можливостей і вимог, що висуваються до води, що очищається.

фільтрат, ТПВ, полігон, порівняльний аналіз

I. V. SATIN, O. S. TRYAKINA
COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF FILTRATE TREATMENT
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The problem of filtrate accumulation of hard municipal wastes polygons is studied. The basic methods of treatment are shown, basic stages, advantages and disadvantages of technologies, are shown. Application spheres of considered were offered technologies in the conditions of polygons exploitation in the Donetsk region. . On the basis of comparative analysis and study of other authors' researches are defined, that the choice of rational technology of filtrate processing depends on many factors: composition of filtrate, financial possibilities and requirements as for the water treatment.

filtrate, polygon, wastes, comparative analysis

Сатін Ігор Валентинович – магістр, асистент кафедри "Міське будівництво і господарство" Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: переробка відходів.

Трякіна Олена Сергіївна – студентка кафедри "Міське будівництво і господарство" Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: переробка відходів.

Сатин Игорь Валентинович – магистр, ассистент кафедры "Городское строительство и хозяйство" Донбасской государственной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: переработка отходов.

Трякина Алена Сергеевна – студент кафедры "Городское строительство и хозяйство" Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: переработка отходов.

Satin Igor Valyntynovych – master's degree, an assistant of the "Municipal Building and Economy" Chair of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: wastes processing.

Tryakina Olena Sergiyvna – a student of the "Municipal Building and Economy" Chair of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing of wastes.