

## Хранение мусора. Очистка стоков

Новиков О.Н., Метляева М.Ю., Кузнецов В.А.

[o22n04nov62@rambler.ru](mailto:o22n04nov62@rambler.ru)

Отличительным направлением нашего времени является появление множества аптек. И вот в чём парадокс, сколько бы их ни появлялось, они не становятся убыточными из-за возрастающей конкуренции. К сожалению, это говорит об ухудшении нашего здоровья. Не секрет, что немаловажную роль в ухудшении здоровья человека играет нарушенная экология городской среды.

Экономический кризис в нашей стране повлёк процесс урбанизации, который сопряжен с резким нарастанием экологических проблем [1]. Горы мусора окаймляют крупные города. Полигоны твёрдых бытовых отходов сами становятся источником опасности. Одной из более важных проблем, возникающих в процессе эксплуатации полигонов, является проблема обезвреживания фильтрата, образующегося в «теле» полигона. Источниками образования фильтрата являются поступающие в толщу полигона атмосферные осадки (основной источник образования), а также влага, содержащаяся в отходах. Вне зависимости от геологии этот фактор действует всегда.

Выщелачивание веществ из твердой массы отходов просачивающейся через неё жидкостью приводит к образованию сильно загрязненного фильтрата. Считается, что уровни загрязнений фильтратов в 5-20 раз превышают показатели, характерные для бытовых сточных вод. Несмотря на то, что абсолютное количество фильтрата на полигонах ТБО незначительно, из-за высоких концентраций загрязняющих веществ он представляет опасность для грунтовых и поверхностных вод. Кроме вод, загрязняется воздушный бассейн. Органические загрязнители, присутствующие в фильтрате, активно переносят в атмосферу ртуть. Мусорный газ содержит токсичные компоненты (меркаптаны), парниковые газы (метан, двуокись углерода). Комплексы токсичных металлов с органическими веществами без задержки проходят через все существующие системы фильтрации, преодолевают бытовые фильтры, накапливаются в овощах и фруктах. Негативное влияние этого фактора ощущается населением, возникают протесты, который выражаются в острой форме, например в Италии, г.Милан.

*Анализ фильтрационных вод полигонов ТБО.*

**Таблица 1**

Показатель	Размерность	Фильтрат
Взвешенные вещества	Мг/л	1946-2458
рН		8.6-9.1
ХПК	Мг O <sub>2</sub> л <sup>-1</sup>	500-13000
БПК <sub>5</sub>	Мг O <sub>2</sub> л <sup>-1</sup>	520-850
Ионы аммония	Мг/л	530-1200
Нитриты	Мг/л	8,3-12.5
Нитраты	Мг/л	413-1860
Фосфаты	Мг/л	30-50
Щелочность	Мг. экв /л	61-127
Хлориды	Мг/л	650-2900
Сульфаты	Мг/л	1210-1550

Сульфиды	Мг/л	110-239
Сухой остаток	Мг/л	7500-15000
Прокаленный осадок	Мг/л	4200-9000
СПАВ	Мг/л	100-460
Железо общее	Мг/л	100-460
Медь	Мг/л	0.37-6.25
Никель	Мг/л	0.01-0.8
Цинк	Мг/л	1-135
Свинец	Мг/л	0.2-0.37
Натрий	Мг/л	100-3860
Калий	Мг/л	100-970
Кальций	Мг/л	100-830
Магний	Мг/л	100-150
Литий	Мг/л	0.13-0,37
Бериллий	Мг/л	$(2.2-5.4)*10^{-4}$
Бор	Мг/л	2.3-3.1
Алюминий	Мг/л	1.1-3.4
Титан	Мг/л	$3.1*10^{-2}$
Ванадий	Мг/л	$1.33*10^{-2}$
Хром	Мг/л	0.29-1.21
Марганец	Мг/л	1.20-1.7
Кобальт	Мг/л	$(1.2-3.3)*10^{-2}$
Мышьяк	Мг/л	$(6.8-7.7)*10^{-3}$
Селен	Мг/л	$(6.5-9.1)*10^{-3}$
Рубидий	Мг/л	0-0.23
Стронций	Мг/л	0-0.84
Иттрий	Мг/л	$0-1.9*10^{-3}$
Цирконий	Мг/л	$0-1.12*10^{-2}$
Ниобий	Мг/л	$0-3.7*10^{-4}$
Молибден	Мг/л	$(1.5-9.3)*10^{-3}$
Серебро	Мг/л	$(1.41-7.82)*10^{-4}$
Кадмий	Мг/л	$(1.8-6.1)*10^{-3}$
Олово	Мг/л	$(5.1-6.5)*10^{-3}$
Сурьма	Мг/л	$(1.12-2.41)*10^{-2}$
Барий	Мг/л	0-0.13
Ртуть	Мг/л	$(7.7-9.2)*10^{-4}$
Таллий	Мг/л	$(4.5-7.8)*10^{-5}$

Сравнение данных показывает, что по содержанию загрязняющих веществ и по величине ХПК, высокому содержанию взвесей, органических кислот, фенола, а также железа, марганца, хрома цинка, стронция, рубидия, и некоторых других химических веществ фильтрат следует отнести к высоко загрязненным сточным водам. Концентрация нитрат- ионов втрое превосходит предел концентраций валового азота. Факт преобладания низкомолекулярных кислот среди идентифицированных органических соединений указывает на то, что в твердой и жидкой фазах толщи бытовых отходов на полигоне и в отстойнике быстро протекает аэробная

деструкция органических веществ. Среди загрязняющих веществ фильтрата идентифицировано значительное количество металлов, способных образовывать комплексные соединения с органическими лигандами. Происходят процессы выщелачивания и вымывания металлов из массы отходов. К их числу следует отнести катионы лития, бериллия, магния, алюминия, кальция, хрома, марганца, железа, никеля, кобальта, меди, цинка, стронция, иттрия, серебра, кадмия, бария, ртути, таллия, и свинца. Все, что востребовано человеком у природы, загрязняет природу по мере выщелачивания.

Предварительным условием разрешения экологического кризиса в этой области является применение технологий очистки фильтрата по технологии глубокой электроиницированной окислительной деструкции.

Для защиты природных вод от проникновения фильтрата предлагалось использование метода химической **очистки сточных вод** с последующим сбросом в городскую канализацию, водоем или рельеф [2]. Но в этом случае высокая концентрация, наличие комплексных соединений металлов и кислот, кальциевые соли которых растворимы, не позволяет достигнуть уровня очистки, обеспечивающего необходимый уровень санитарной безопасности. Нет деструкции органической составляющей - нет эффективной очистки от металлов.

Обычные биологические способы очистки хозяйственных вод для решения проблемы неприменимы из-за высокой концентрации и наличия металлов, ксенобиотиков, стойких токсичных органических загрязнителей. Металлы ингибируют процессы биологической деструкции. Нужна технология, позволяющая выполнить полный цикл водооборота с извлечением ценных компонентов (тяжелых металлов), и удалением органических соединений (кислот) и токсичных веществ из массы бытовых отходов.

**Таблица 2**

*Состав органических загрязнений и их концентрации в фильтрате по данным ВЭЖХ.*

№п.п	Вещества	Химические формулы	Концентрации, Мг/л
<b>Органические кислоты</b>			
1	Муравьиная	HCOOH	2.1
2	Уксусная	CH <sub>3</sub> COOH	317
3	Пропионовая (пропановая)	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH	123
4	Валериановая (пентановая)	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH	374
5	Метилбутановая (изовалерьяновая)	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH (CH <sub>3</sub> )COOH	128
6	Метилвалерьяновая (изокапроновая)	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH	4
7	Бензойная	phenCOOH	240
8	Циклогексановая(циклогексанкорбоновая)	Ciclo-C <sub>6</sub> H <sub>11</sub> COOH	795
9	Метилбензойная	CH <sub>3</sub> phenCOOH	550
10	Деметилбензойная	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> phenCOOH	510
11	Фенол (карболовая)	phenOH	112
12	Салициловая	phen(OH)COOH	29
13	Щавелевая	(COOH) <sub>2</sub>	114
14	Молочная		279

Выявлено что по химическому составу и концентрации загрязняющих веществ фильтрат полигонов для захоронения ТБО имеет высокое содержание неорганических загрязнителей характерно для магния, кальция, натрия, железа, марганца, хрома, цинка, бора, нитратов, фосфатов. А также, высокая степень загрязнения фильтрата органическими веществами. Наибольшие концентрации характерны для диметилбензойной, валериановой, бензойной, пропановой, пропановой, метилбутановой, щавелевой, молочной кислот и фенола. Все эти кислоты склонны к связыванию катионов металлов в хелатные комплексы. Задержать такие комплексы ионообменными и сорбционными фильтрами невозможно, мембраны ими быстро приводятся в негодность. Нужны особые методы.

## Методы

Для проведения очистки фильтратов требуются использование методов, приводящих к разрушению комплексных соединений металлов с органическими кислотами путем деструкции последних. Таким образом, пути очистки вод фильтратов полигонов для захоронения ТБО должны быть основаны на методах, обеспечивающих разрушение комплексных соединений, существующих в водной фазе фильтратов. К числу таких методов можно отнести вариант электрохимической очистки, с очисткой от железа и меди на сорбенте ОДМ-2Ф с доочисткой на анионите.

Разработанный электрохемосорбционный метод сочетает и синхронизирует отдельные признаки других физико-химических процессов - фильтрации, флотации, электроокисления, хемосорбции. Основой его является механизм цепного свободнорадикального электроиницированного окисления (деструкции). Для инициирования реакции впервые применяется генерация электронов непосредственно с электродов в водную среду [4-7]. Под их действием в воде развиваются цепные процессы окисления в присутствии кислорода воздуха. В отличие от других процессов электролиза работает как анод, так и катод. Высокий окислительный потенциал обеспечивает высокую скорость окисления трудноокисляемых соединений, включая комплексы металлов с органическими лигандами. Они не только напрямую окисляются, но и катализируют процессы очистки прочих органических веществ. В этих условиях деструкция органики происходит быстро и эффективно, до углекислого газа и воды.

**Решение проблемы** мы видим в использовании разработанного нами комплекса «Альфа».

Комплекс «Альфа» [7] - это модульная система, которая отличается универсальностью и отсутствием ограничений по концентрации загрязнителей. Система собирается из последовательно соединенных отдельных модулей. Небольшой вес модулей (72 кг) позволяет быстро смонтировать очистную систему в существующих помещениях. За счет подключения параллельных модулей система не имеет ограничений по производительности.

Параметры ее можно улучшать по и в ходе эксплуатации, устанавливая дополнительное навесное оборудование (блоки тонкослойного отстаивания, электродные блоки, блоки электромоса, дополнительные фильтры, системы автоматического удаления осадков и шламов). Исключается моральный износ.

Минимальный комплекс «Альфа» способен за час очистить до 1,0 т фильтрата, потребляя при этом энергии не больше 7-10 кВт. Опыт эксплуатации установок «Альфа» на различных стоках показал, что для них сочетаются в себе высокая эффективность с компактностью.

## Тестовые испытания

Нами были проведены тестовые испытания технологии. Для этого мы применили установку «Альфа» в мини-исполнении. В частности для проведения тестирования был использован электролизер вместимостью 4 дм<sup>3</sup> и адсорбер той же вместимости. В электролизер поместили сточную воду. Процесс проводили при плотности тока 0,5 А/дм<sup>2</sup> и подаче воздуха 0,5 дм<sup>3</sup> в минуту, в течение 20 минут. При обработке через 2 минуты произошло дезодорирование вод, запах исчез. По мере обработки вода осветлилась. После электролиза раствор пропустили через сорбент ОДМ-2Ф. Очищенная вода не имеет запаха, прозрачна [9].

Об эффективности работы технологии "Альфа» свидетельствуют следующие цифровые данные (мг/дм<sup>3</sup>).

Таблица 3.

*Показатели эффективности очистной системы на примере фильтра полигона ТБО.*

Таблица 1.

Показатели	До очистки	После очистки
Взвешенные вещества	1945	5
ХПК	1115	30
Нефтепродукты	1300	0,05
Медь	0,5	0,01
Никель	0,7	0,01
Цинк	28	0,02

Особенностью нового способа очистки является взаимное усиление фактора окисления и сорбции. Сорбенты нового поколения, обеспечивают высокую степень очистки применимы на линейных скоростях до 15 м в час. Окисление под действием электрического тока обеспечивает подготовку фильтрата для сорбции. Сорбент дополнительно выполняет функцию катализатора. Каталитическое окисление продолжается и в слое сорбента. Поэтому регенерация сорбента облегчается.

Отличительной особенностью процесса деструкции органических веществ и извлечения взвесей и металлов в комплексе «Альфа» является повышенная эффективность очистки для наиболее сложных и токсичных загрязнителей включая хлорорганические загрязнители. Комплекс Альфа - машина для уничтожения диоксинов. Далее вода проходит доочистку в сорбенте. Комплексное и унифицированное использование данных операций позволяет очистить фильтрат до безопасного уровня. После первой стадии очистки основная масса тяжелых металлов выпадает в виде осадка. Оставшиеся следовые концентрации органики сорбируются на сорбенте. Одноосновные органические кислоты окисляются, их следы поглощаются анионитом. Применение оригинальных сорбентов помогает любой фильтрат сделать оптимально пригодной для сброса его в канализацию, на рельеф или водоем. Эффективность очистки от неорганических и органических загрязнителей составляет 96,5, от взвешенных веществ - 99,9%. Использование в процессе очистки высокой плотности тока (более 50А на м<sup>2</sup>), окислительного потенциала и высокоактивных сорбентов гарантирует полную очистку воды от микроорганизмов. Широчайший опыт применения системы Альфа в крайне сложных условиях эксплуатации показал ее универсальность, эффективность.

## **Проектные решения**

Каждый полигон - уникальный производственный объект, на котором кроме фильтрата имеется и ливневых сток. Если фильтрат относится к сильноминерализованным стокам, то ливневый сток не имеет существенного солесодержания. Как мы уже писали, очистные

сооружения разных типов нужно и можно комбинировать, обеспечивая максимальную эффективность системы. В частности очищенный фисток фильтрата за счет наличия большого количества хлоридов в своем составе при обработке в комплексе Альфа приобретает дезинфицирующие свойства, а также способность выщелачивать металлы из ТБО. В силу этого обстоятельства считаем целесообразным применять его для орошения тела полигона для предотвращения возгорания, обезвреживания металлов, токсинов и микробиологического загрязнения. И только избыток вод отправлять в специальный накопитель, где аккумулируются ливневые стоки. При этом за счет хлоридов вода приобретает нужную проводимость для физико-химической очистки. Ливневый сток подлежит глубокой очистке и дезинфекции. Более разбавленный сток позволяет работать с ним не только электрохимическими, но и сорбционными методами, комплексно очищая от всех видов загрязнителей. В очистные ливневой канализации входят и ступени доочистки. Последовательное подключение систем и обеспечивает максимальную надежность, наибольшую степень очистки, исключение аварийных выбросов и сокращение материальных затрат.

Очищенный сток может быть сброшен на рельеф, в водоем, в специальную подземную фильтрующую кассету, в пруд-испаритель или на площадку намораживания. Пруд испаритель наиболее интересен для полигонов, расположенных в местах с теплым, сухим климатом, ветрами. Тогда как площадка намораживания подходит для мест с холодным климатом, вечной мерзлотой.

Все оборудование для очистки фильтрата достаточно малогабаритно и может быть установлено на шасси прицепа автомобиля. Такой мобильный комплекс может обеспечить очистку небольших полигонов, периодически очищая собранный фильтрат и перемещаясь к следующему.

### **Преимущества электрохимосорбционного метода**

Новый метод сочетается с применением флокулянтов, коагулянтов. Комплекс предполагает возможность использования режимов флотации и электрофлотации. Биологические процессы не используются, и поэтому сводится к нулю риск генетических изменений вирусов и микробов в процессе очистки воды, исключено загрязнение атмосферы продуктами их жизнедеятельности. Очищенная вода насыщена кислородом и может быть использована для ускоренной утилизации полигонов путем интенсивного выщелачивания металлов с переработкой бытовых отходов в компост. Компост, из которого удалены тяжелые металлы и токсичные примеси можно использовать в агропромышленном комплексе .

При работе установки в конечном итоге, образуются осадки, шламы, содержащие кальциевые, магниевые соли, окислы железа и органические кислоты в связанном виде. Применяя модуль утилизации, работающий по тем же механизмам, но при температуре от 40 до 120 °С осуществляется процесс концентрирования, дезинфекции и окисления отходов. При окислении органическое вещество превращается в углекислый газ и воду. После обработки отходы - ценное сырье для производства строительных материалов, удобрений, материалов для порошковой металлургии и химической промышленности.

Шламы, как доказано в ходе исследований можно перерабатывать на горючий газ: метан, окись углерода, водород в модуле [утилизаторе Альфа](#).

Завершение процесса рециклинга твердых бытовых отходов - это рекультивация земли [10]. Разработанный регламент рекультивации земли предусматривает применение биотехнологии, а именно к севообороту растений, способных к накоплению тяжелых металлов и стойких органических загрязнителей. Растения подлежат изъятию из трофической цепи с применением их в качестве технической культуры. Учитывая огромную потребность в биодизельном топливе, именно такие растения, как рапс смогут очистить территорию бывших свалок. Нами разработаны не только агрохимические приемы рекультивации, но и разработаны

соответствующие регламенты, найдены виды растений, способные выполнить задачу рекультивации.

Предотвратить появление новых свалок можно с применением технологии глубокой утилизации каталитической гидратацией [11], в ходе которой вновь образующиеся отходы превращаются в водород и нефтьзамещающее химическое сырье. старые свалки нужно рассматривать как техногенные месторождения искусственного горючего ископаемого, содержащего редкие металлы.

### Литература

1. *Безгодов И.В., Воропаев А.А., Рубанович И.Я. Состояние водоснабжения и некоторые аспекты общей заболеваемости населения Иркутской области// Тезисы докладов юбилейной научно-практической конференции, посвященной 70-летию медико-профилактического факультета ИГМУ. - Иркутск, 2000.*
2. *Бекетов А.Ю. Бекренев А.В. Викторовский И.В. Конюхов М.Ю. Савиных Г.В. Семин Е.Г. Холодкевич С.В. Хорошко Л.О. Батищев В.В. О проблемах очистки фильтрата полигонов для захоронения твердых бытовых отходов. С. Петербургский научно-исследовательский институт Академии коммунального хозяйства им. Панфилова.*
3. *Разнощин В.В. Проектирование и эксплуатация полигонов твердых бытовых отходов. М. Строиздат.*
4. *Малиновская В.С., Бородина Г.А., Рубанович И.Я., Хороших Т.Д. Современное санитарно-гигиеническое состояние поверхностных водоисточников Иркутской области в пунктах пользования первой категории// Тезисы докладов юбилейной научно-практической конференции, посвященной 70-летию медико-профилактического факультета ИГМУ. - Иркутск, 2000.*
5. *Новиков О.Н., Богомазов А.С. Новые технологии для очистки воды// ж.: Сибирь - Восток, №5, 2001 г. - с.36-37.*
6. *Электрохемосорбционный метод очистки сточных вод. Тез докл. Конф. «Актуальные вопросы природоохранной политики в Байкальском регионе» от 13 сентября 2001 г.*
7. *Пат. 95102444 RU СПОСОБ ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА. Новиков О.Н. Дата подачи заявки: 1995.02.21 Дата публ. заявки: 1996.12.10 Номер редакции МПК: 6 Основной индекс МПК: C02F1/46 Дата публикации: 1996.12.10.*
8. *Свидетельство на полезную модель № 19530 «Флотационная система» заявка № 2001104640 от 19.02.2001г.*
9. *Бронникова О.И., Новиков О.Н., Метляева М.Ю. Очистка фильтрата полигона твердых бытовых отходов "Сибирь-Восток" №3, 2006г. (№99).*

Материалы, опубликованные на сайте защищены согласно закону об авторских правах Закон РФ от 9 июля 1993 г. N 5351-1 "Об авторском праве и смежных правах" (с изменениями от 19 июля 1995 г., 20 июля 2004 г.) и не могут быть использованы без разрешения автора