

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБРАБОТКЕ ФИЛЬТРАТА ТБО МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

О.А. Платонова

МГСУ

Novelty of work consists in the analysis of a filtrate of loading pockets of storage of a firm waste of incinerate factory. The qualitative composition of sewage is studied. Comparison and comparison of results of work to theoretical and analytical results of works of domestic and foreign authors is resulted. Approaches to clearing of flows of the loading pocket of storage of a firm waste, which can become a basis for designing of necessary treatment facilities are offered. As a result of application of base recommendations should ecological safety of cleared flows, affecting decrease on water installations, soil and biota will raise.

Введение

Одной из самых актуальных проблем современности является охрана окружающей среды от антропогенного воздействия. Среди результатов хозяйственной деятельности человека весьма объемным по количеству и в тоже время слабоизученным и разработанным является сбор и переработка стоков, образующихся при складировании твердых бытовых отходов (ТБО).

Исследование способов очистки фильтрата ТБО и разработка новых экологически оптимальных схем очистки является актуальным и востребованным.

В РФ по данным различных авторов на полигоны вывозится до 96% отходов [1] в то время как в развитых странах этот процент гораздо ниже: в Канаде и Испании на полигоны вывозится до 75% ТБО [2], а в Швеции и Германии этот процент не превышает 40% [3].

Фильтрат полигонов ТБО, прошедший обработку, либо напрямую выпускается в водоем, либо сбрасывается в городскую канализационную систему [4, 5].

При прямом выпуске очищенного фильтрата в водоем, должны быть соблюдены ПДК, регламентированные для данного водоема. При выпуске очищенного фильтрата в систему городской канализации, он должен содержать легко окисляемые биологическими методами соединения, и не нести в себе веществ, способных каким-либо образом нарушить работу очистных сооружений.

В настоящее время в московском регионе утилизация бытовых отходов осуществляется как путем захоронения на полигонах, так и посредством термической обработки на мусоросжигательных заводах, которые, имея бункеры временного складирования ТБО, также являются поставщиками фильтрата ТБО в канализационные сети.

Состав фильтрата ТБО

Жидкость, образующаяся при отстаивании и складировании ТБО – водный раствор, претерпевающий неисчислимое количество реакций, как с органическими, так и с неорганическими веществами, вследствие чего становится «вонючим и ядовитым отваром» [6]. Такие фильтраты весьма ядовиты, а также содержат биологически тяже-

ло- либо неокисляемые субстанции, как, например, галогенорганические соединения (ГОС), вследствие чего обладают высоким ХПК.

Комбинация органолептических свойств фильтрата, как цвет и запах, может дать общее представление о его качестве. Так, согласно исследованиям немецких авторов, гнилостный запах и темно-коричневый до черного цвет служат показателем того, что в данном фильтрате органические связи сильно разрушены. Кислый же запах указывает на наличие низших жирных кислот [7,8].

Описание фильтрата в различных источниках ведется также, как и описание качества сточных вод, а именно через такие показатели как: БПК₅, ХПК, наличие и концентрации сульфатов, хлоридов, нитратов, аммония, металлов и т.д. За этими параметрами скрывается большая часть загрязнений, которые химически распределены в органических и неорганических соединениях [6, 9, 10, 11].

Состав фильтрата зависит от фазы разложения депонируемых отходов и сильно меняется во времени [8]. В таблице 1 приведены сводные данные по классификации фильтрата ТБО в зависимости от способа и времени его разложения.

Таблица 1

Классификация фильтрата по способу разложения и времени образования

№ п/п	Фаза разложения	Протекающие процессы	Средний период разложения, год
1	Аэробная	аэробное окисление в верхней части слоя ТБО	менее 0,5
2	Переходная	—	0,5 - 2
3	Кислая	зона факультативного аэробного окисления	1,5 - 4
4	Метановая	зона анаэробного разложения, нижний уровень полигона ТБО	более 5

Расширенное исследование состава фильтрата ТБО было проведено К.Крuse [12], и выявлена следующая динамика изменения значений концентраций загрязняющих веществ в фильтрате по фазам жизненного цикла полигона. Данные этого исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2

Динамика изменения концентраций «биологически зависимых» веществ фильтрата ТБО

Параметр	Единицы измерения	Кислая фаза		Метановая фаза	
		mid	min – max	mid	min – max
pH	ед. pH	7,0	6,2 – 7,8	7,6	7,0 – 8,3
ХПК	мгО ₂ /л	9500	950 – 40000	2500	460 – 8300
БПК ₅	мгО ₂ /л	6300	600 – 27000	230	20 – 700
орг. к-ты	мг/л	4200	1400 – 6900	120	5 – 1100
ГОС	мг/л	2400	260 – 6200	1725	195 – 3500
SO ₄ ²⁻	мг/л	200	35 – 925	240	25 – 2500
Ca	мг/л	650	80 – 2300	200	50 – 1100
Mg	мг/л	285	30 – 600	150	25 – 300
Fe	мг/л	135	3 – 500	25	4 – 125
Mn	мг/л	11	1 – 32	2	0,3 – 12
Zn	мг/л	2,2	2,05 – 16	0,6	0,09 – 3,5

По составу фильтрат от полигонов ТБО, находящихся на территории РФ, отличается от фильтрата зарубежных полигонов [13, 14] таблица 3. Однако эти данные выборочны и немногочисленны.

Таблица 3

Состав фильтрата отечественных полигонов и станций сортировки ТБО

Показатель	Единица измерения	Мусороперегрузочная станция г. Ижевск	Полигон ТБО «Нылгинский» г. Ижевск	Полигон Саларьево, Моск. обл.
pH	ед. pH	7,30	8,06	6,5
ХПК	мгО ₂ /л	150,3	807	543
БПК ₅	мгО ₂ /л	12300	1034	—
Аммоний ион (по азоту)	мг/л	97,4	372	—
Сульфаты	мг/л	166,0	—	285
Хлориды	мг/л	41,7	1501	441
Цинк	мг/л	15,4	0,215	—
Хром	мг/л	0,94	0,303	0,013
Свинец	мг/л	—	—	0,068
Никель	мг/л	—	—	0,087

Анализ существующих методов и технологий обработки фильтрата ТБО

По сложившейся системе классифицирования методов очистки других производственных сточных вод, методы обработки фильтрата подразделяются на четыре основных группы:

- биологические методы, обычно применяемые в совокупности или в комбинации с другими методами очистки, например, окислением и адсорбцией;
- химические методы, обычно представляющие собой методы окисления;
- физико-химические методы, использующие различные химические и физические свойства веществ, содержащихся в фильтрате, для их изъятия требуют комбинации с предварительными и последующими методами очистки;
- физические методы, основанные на деструкции или отсекании части компонентов фильтрата в зависимости от их физических характеристик.

Весьма важным фактором, определяющим состав схем обработки фильтрата, является совместимость методов. Собственно, совместимость – это один из определяющих факторов для осуществления стабильности общего процесса обработки, а также достижения надежности работы, расширения возможных границ применимости системы, получения более высоких процентов очистки, а также приближения свойств системы к экологичным [6].

В таблице 4 представлена система оценки совместимости схем обработки фильтрата ТБО [7]. Шкала оценки разделена на 5 баллов:

- 5 – полностью совместимы и рекомендуемы к совместному применению,
- 4 – совместимы,
- 3 – возможно совместное включение,
- 2 – ограниченно совместимы,

1 – несовместимы,

* – способ возможен для использования при обработке осадков или остаточных веществ.

Таблица 4

Совместимость методов в двухступенчатых системах обработки фильтрата

Первая ступень	Вторая ступень							
	Биология	Флокуляция	Адсорбция	Ультрафильтрация	Обратный осмос	Химическое окисление	Выпаривание	Сжигание
Биология	5	5	5	1	4	4	2	*
Флокуляция	2	1	5	2	5	1	1	2
Адсорбция	4	5	2	2	5	4	4	4
Ультрафильтрация	4	1	1	1	4	2	2	2
Обратный осмос	*	1	1	1	5	4	*	*
Химическое окисление	2	1	1	1	2	2	2	*
Выпаривание	1	1	1	1	1	1	5	*
Сжигание	1	1	1	1	1	1	1	1

Таким образом, выбор алгоритма очистки сточных вод или фильтратов ТБО требует комплексного подхода в принятии решений о применении схем очистки или утилизации.

Рекомендации

Отбор проб сточной воды проводился специалистами кафедры УПТС факультета гидротехнического и специального строительства МГСУ и лаборатории экологического мониторинга, анализа и кондиционирования воды ОАО «МосводоканалНИИпроект» в отстойнике бункера ТБО одного из мусоросжигательных заводов г. Москвы (МСЗ). В соответствии с нормативными документами по отбору проб вод [15, 16] для анализа было отобрано 3 пробы фильтрата ТБО и проведен их физико-химический и микробиологический анализ.

Качественный и количественный анализ стоков был выполнен в соответствии с нормативными документами (методиками) природоохранного назначения и санитарного надзора, аттестованными в установленном порядке, по 38 показателям. Для выбора эффективных технологий очистки фильтрационных вод, как полигонов, так и бункеров складирования необходимо глубокое исследование их химического состава.

В таблице 5, 6 представлены сводные результаты физико-химических анализов и данные по количественным микробиологическим показателям качества фильтрата бункера складирования ТБО.

Как приведено выше, фильтрат бункера складирования ТБО МСЗ содержит целую гамму примесей различного характера – органических, неорганических, микробиологических, что вызывает необходимость разработки комплексных технологий их обезвреживания.

Таблица 5

Сводные результаты физико-химического анализа фильтрата ТБО

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Норматив*	Результат определения		
				Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3
1	Температура	°C	< 40	18	19	18
2	Водородный показатель (pH)	ед. pH	6,5 - 8,5	4,68	4,68	4,67
3	Взвешенные вещества	мг/дм ³	500	5 960	2 335	1 695
4	Сухой остаток	мг/дм ³	2000	70 860	72 452	66 150
5	БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	500	16 870	15 716	16 813
6	ХПК	мгО ₂ /дм ³	800	62 000	70 000	70 000
7	Эфиروизвлекаемые вещества	мг/дм ³	20	316,4	287,2	672,6
8	Аммоний-ион	мг/дм ³	100	1 130,2	1 457,4	2 820,0
9	Нитраты	мг/дм ³	45	355,9	347,2	252,1
10	Нитриты	мг/дм ³	3,30	32,1	69,9	58,3
11	Сероводород и сульфиды	мг/дм ³	0,003	0,082	0,097	0,088
12	Сульфаты	мг/дм ³	500	2 107,1	387,6	453,7
13	Фосфаты	мг/дм ³	4,00	373,6	366,7	390,7
14	Фториды	мг/дм ³	1,50	76,1	74,1	61,6
15	Цианиды	мг/дм ³	0,10	0,23	0,11	0,29
16	Хлориды	мг/дм ³	350,00	8 508	8 862	6 026
17	Жиры	мг/дм ³	20,00	130,6	277,4	114,6
18	Нефтепродукты	мг/дм ³	4,00	185,8	9,8	558,0
19	СПАВ анионные	мг/дм ³	2,50	3,60	4,08	3,60
20	СПАВ неионогенные	мг/дм ³	2,50	532	1354	913
21	Формальдегид	мг/дм ³	0,55	15,4	17,0	16,8
22	Фенол	мг/дм ³	0,01	0,034	0,022	0,072
23	Алюминий	мг/дм ³	1,00	21,2	20,0	19,5
24	Железо общее	мг/дм ³	3,00	102,7	102,3	113,5
25	Кадмий	мг/дм ³	0,01	0,026	0,033	0,031
26	Марганец	мг/дм ³	2,00	7,63	7,67	7,13
27	Медь	мг/дм ³	0,50	1,30	1,53	0,72
28	Мышьяк	мг/дм ³	0,05	0,0085	0,0076	0,017
29	Никель	мг/дм ³	0,50	0,67	0,69	0,52
30	Ртуть	мг/дм ³	0,005	0,205	0,143	0,108
31	Свинец	мг/дм ³	0,100	0,094	0,064	0,130
32	Стронций	мг/дм ³	2,000	1,94	3,55	2,93
33	Хром общий	мг/дм ³	0,1 (по Cr VI)	2,42	1,34	1,84
34	Цинк	мг/дм ³	2,000	54,5	59,6	59,8

* «Правила приема производственных сточных вод в Московскую городскую канализацию» 1984г.

Таблица 6

Количественные микробиологические показатели фильтрата бункера ТБО

№ п/п	Показатель	Единицы измерения	Результат определения		
			Проба № 1	Проба № 2	Проба № 3
1	Общие колиформные бактерии	КОЕ/100 мл	<50	<50	90
2	Термотолерантные колиформные бактерии	КОЕ/100 мл	<50	<50	90
3	Возбудители кишечных инфекций	–	н/о	н/о	н/о
4	Колифаги	БОЕ/100 мл	н/о	н/о	н/о
5	ОМЧ	КОЕ/1 мл	$2,1 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^3$

Особое место в выборе схемы обработки занимает эффект очистки фильтрата. Данные обобщенные по нескольким источникам за длительный период времени [17 - 20] позволяют сделать вывод о равноценно высокой степени очистки фильтратов ТБО как с применением биологических методов, так и при физико-химической обработке стоков (таблица 7).

Таблица 7

Сводный анализ эффективности очистки фильтрата ТБО с применением различных схем очистки

Показатели качества, эффект очистки %	ХПК min – max	БПК ₅ min – max	Галогенорга- нические соединения, min – max	Азот общий, min – max	Азот аммо- нийный, min – max
Схема очистки фильтрата					
Биологическая ступень – адсорбция - флокуляция	70-90	95-99,9	70-99	70-95	99-99,5
Биологическая ступень - адсорбция	70-99	90-99,9	70-99	70-95	99-99,9
Биологическая ступень – обратный осмос 2-и ступени	98-99,9	99-99,9	99-99,9	99-99,9	99-99,9
Биологическая ступень - обратный осмос 2 – выпари- вание - сушка	99-99,9	99-99,9	99-99,9	99-99,9	99-99,9
Биологическая ступень – окисление – 2-я биол. сту- пень	90-99	90-99,9	90-100	70-95	99-99,9
Обратный осмос 2-и ступени	95-99,9	95-99	95-98,5	70-95	80-95
Обратный осмос 2-и ступени – выпаривание - сушка	98-99,9	98-99	98-99,5	97-99,5	95-99,5
Выпаривание – обратный осмос - сушка	98-99	98-99	98-99,5	97-99,5	95-99,5

В настоящее время существует большое количество новых зарубежных разработок по многоступенчатым схемам очистки, включающим обработку фильтрата ТБО с применением обратного осмоса. Однако в случае использования ступени обратного осмоса уже на первой стадии необходимо учитывать, что процесс диффундирования водной фазы под действием осмотического давления может быть затруднен вследствие высокого содержания и наличия большого количества коллоидных веществ. К проблемным моментам эксплуатации относятся: весьма ограниченный срок службы мембран, небольшое количество пермеата и необходимость очистки концентрата или захоронения отходов. Отсюда следует вывод о нежелательности применения ступени обратного осмоса в начале схемы.

Таким образом, принимая к рассмотрению несколько приведенных выше схем очистки фильтрата ТБО, а также учитывая высокое содержание органических легко- и трудноокисляемых веществ в объекте анализа и возможность сброса очищенной сточной воды в систему городской канализации г. Москвы, целесообразно рекомендовать две базовые схемы очистки фильтрата ТБО для мусоросжигательных заводов.

Схема №1. Данная схема предусматривает использование ступени биологического разложения (биореактор, денитрификатор) с последующей флокуляцией и адсорбционной очисткой очищенной сточной воды.

Схема №2. В схему включена как стадия биологической очистки (напорный биофильтр), так и интенсивное удаление солей с применением мембранной установки. Последующее осветление фильтрата проводится на сорбционном фильтре (активированный уголь).

Обе предлагаемые схемы имеют широкий диапазон варьирования в возможном применяемом оборудовании, с учетом как биологических методов обработки (биофильтр, биореактор, денитрификатор и пр.), так и мембранных технологий.

Выбор и возможная корректировка применяемой схемы очистки фильтрата бункера складирования ТБО также будет определяться объемом образующегося фильтрата, оценкой энерго- и материальных затрат, а также возможностью компактного размещения очистных сооружений.

Литература:

1. Разнощик В.В., Абрамов Н.В. К вопросу защиты окружающей среды при удалении твердых бытовых отходов на полигоны.// Сбор и удаление твердых бытовых отходов. – М.: 1982.
2. Mulero Mendigorri A./ Residuos solidos urbanos e industriales: situacion y gestion en Espana/ Estud. Georg// 1998, №232, s. 473 – 504.
3. La Torre C./ Очистка отходов на больших объектах/ La depuratione dei linguami di piccobe comunita/ Install ital./ 1995, 46, №10, s. 1369 – 1377.
4. Abfallgesetz der Bundesrepublik Deutschland – 30.04.1990.
5. Abwasserherkunftsverordnung – 03.07.1987.
6. Widmann R./ Bemessungsdgundlagen für reststoffarme Reinigungsverfahren von Deponiesickerwasser aus der Methaphase/ Stuttgart – 1994.
7. Ehring H.-J. Was ist Sickerwasser? – Mengen und Inhaltstoffe. ATV – Documentation 4. – St. Augustin – 1986.
8. Jakob G., Krieger G. Untersuchung und bewertung relevanter Sickerwasserinhaltstoffe einer Siedlungsabfalldeponie – 1992.
9. Baumgarten G. Behandlung von Deponiesickerwasser mit Membranverfahren – Umkehrosmose, Nanofiltration Veröffentlichungen des Institutes für Sietlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover Heft 99 – Hannover – 1998.

10. Gierlich F. Entsorgungskette reststoffminimierter Umkehrosmose und Konzentratentsorgung fuer Deponiesickerwasser am Beispiel der Deponie Schoenberg// Abwassertechnik 3/93.
11. Theilen U. Behandlung von Sickerwasser aus Siedlungsabfalldeponien – Betriebsergebnisse und Kosten großtechnischer Behandlungsanlagen. Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover Heft 91 – Hannover – 1995.
12. Kruse K./ Langfristiges Emissionsgeschehen von Siedlungsabfalldeponien/ Institut für Siedlungswasserwirtschaft Technische Universität Braunschweig/ Heft 54/ Braunschweig 1994.
13. Грибанова Л.П., Афонин А.П./ Геоэкологическое исследование на Саларьевском полигоне ТБО и ПО/ Экол. и пром-ть России/ 1997, №6, с.8 – 10.
14. Полигон Нылгинский (Россия).
15. ПНД Ф 12. 15. 1 – 08 «Методические указания по отбору проб для анализа сточных вод»
16. ГОСТ Р 51592-2000 «ВОДА. Общие требования к отбору проб»
17. Ehring H.-J. Weitergehende Reinigung von Sickerwasser auf Abfalldeponien. Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbauwesen. Heft 41. – Braunschweig – 1987.
18. Theilen U. Behandlung von Sickerwasser aus Siedlungsabfalldeponien – Betriebsergebnisse und Kosten großtechnischer Behandlungsanlagen. Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover Heft 91 – Hannover – 1995.
19. Albers H./ Zur biologischen Reinigung von Sickerwässern aus Sonderabfalldeponien/ Braunschweig/ 1989.
20. Chang L. Ausleitung von einstufigen Belebungsanlagen zur Stickstoffelimination bei Sickerwässern aus Siedlungsabfalldeponien. Institut für Siedlungswasserwirtschaft. Technische Universität Braunschweig. Heft 621 – Braunschweig – 1998.
21. Ehring H.-J. Was ist Sickerwasser? – Mengen und Inhaltstoffe. ATV – Documentation 4. – St. Augustin – 1986.

Статья представлена Редакционным советом «Вестник МГСУ»