

УДК 628.316.12

DOI: 10.15587/2312-8372.2019.166312

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Дегтяр М. В.

1. Введение

Очистка фильтрата представляет собой сложную задачу, как с технологической, так и с экономической точки зрения. Одностадийная схема очистки фильтрата не позволяет добиться высокой эффективности очистки фильтрата [1–3]. Основным фактором, обеспечивающим требуемое качество фильтрата на выходе, является многостадийность процесса с использованием реагентной предочистки, для облегчения и полноты протекания последующих стадий [4, 5]. Для очистки высококонцентрированных дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) используются физические, химические, биологические методы, а также их комбинация [5–7]. В частности, в работах [6, 7] предлагается использовать стадию реагентной очистки и электролитическую обработку, а также оптимизацию параметров реагентной очистки сточных вод с использованием FeSO_4 . А в работе [8] предлагается использование денитрификации на стадии стабильного метаногенеза, с использованием колонн, заполненных дигестатом. Таким образом, актуальным является оценка использования комбинации названных методов с применением активированного раствора коагулянта сульфата алюминия, путем магнитной обработки и электрокоагуляции. Поэтому *объектом исследования* являются дренажные воды полигонов ТБО и эффективность применения комбинации различных технологических приемов, в частности, сочетание реагентного и биологического методов для доведения качества фильтрата к нормативным требованиям. *Целью же работы* является теоретическое технико-экономическое обоснование применения предложенной технологии очистки, в частности, активированного раствора коагулянта.

2. Методика проведения исследований

Качество фильтрата напрямую связано со стадией эксплуатации полигона («молодой фильтрат» характерен для стадии ацетогенеза, «старый фильтрат» – стадии метаногенеза). Таким образом, стадия биохимического разложения отходов определяет качественные и количественные характеристики сточных вод.

Как правило, очистка дренажных вод требует многоступенчатого сочетания различных физико-химических и биологических методов, значительных капитальных и эксплуатационных затрат.

Лабораторные исследования выполнены с использованием оптических и физико-химических методов. Исследования по эффективности применения выбранной технологии очистки дренажных вод полигонов ТБО проводились как в лабораторных условиях, так и на пилотной установке.

Закономерности очистки сточной воды при использовании активированного раствора реагента были исследованы на модельной воде и дренажных водах, образующихся на полигоне ТБО, характерные для стадии стабильного метаногенеза.

Качественная характеристика дренажных сточных вод приведена в табл. 1. Эксперимент выполнялся параллельно для условий обычной коагуляции и для сточной воды, обработанной активированным раствором коагулянта сульфата алюминия.

Для активации растворов реагентов используется магнитный активатор, предусматривающий одновременную и последовательную активацию раствора магнитным полем и насыщение его анодно-растворенным железом [9, 10].

Таблица 1

Качественная характеристика дренажных вод полигона твердых бытовых отходов (г. Запорожье, Украина)

Наименование показателя	Период исследований		
	Зимний	Весенний	Осенний
Сухой остаток, мг/дм ³	18052,7	22880,5	21514,3
БПК ₅ , мгО/дм ³	167,8	166	186,5
ХПК, мг/дм ³	1215,6	995	1000
Цветность, град.	166	158	170
Взвешенные вещества, мг/дм ³	273	208,7	260,4
pH	7,3	7,5	7,6
Азот, мг/дм ³	260	83,2	61
Нитраты, мг/дм ³	118,2	102,8	106,4
Сульфаты, мг/дм ³	2109,2	2216,6	1490,3

Примечание: БПК₅ – биологическое потребление кислорода (за 5 суток); ХПК – химическое потребление кислорода

Механизм активации объясняется наложением на растворы магнитного поля, в результате чего происходит изменение их структуры и образование ионных ассоциатов, которые являются зародышами новой фазы и выполняют роль дополнительных центров коагуляции.

Стабилизация ионных ассоциатов происходит анодно-растворенным железом, содержание которого не превышает 1000–1500 мг/дм³ 10 % раствора коагулянта сульфата алюминия [10, 11].

Опытно-промышленные испытания выполнялись на полигоне твердых бытовых отходов г. Запорожья (Украина). В результате исследований было установлено, что использование активированного раствора сульфата алюминия позволяет повысить качество фильтрата, снизить дозы реагентов, уменьшить размеры реагентного хозяйства.

Для оценки эффективности внедрения технологии очистки дренажных сточных вод с использованием активированного раствора сульфата алюминия на стадии предочистки определяли:

- эффективность очистки;
- экономический эффект от внедрения разработанной технологии;

Согласно предлагаемой технологии сточные воды поступают в сборник для обеспечения равномерной и бесперебойной подачи. Активатор реагентов установлен на обводной линии и используется согласно регламенту исследования. В смесителе происходит смешение раствора коагулянта (активированного или обычного – согласно регламента) со сточными водами, далее фильтрат направляется в первичный отстойник, ванну с погружными биодисками и секцию вторичного отстойника. После вторичного отстойника организовано обеззараживание бактерицидным облучением. В качестве доочистки используется фильтр с кварцевым песком.

3. Результаты исследований и обсуждение

После окончания экспериментов, для анализа эффективности предлагаемой технологии отбирались следующие пробы:

– исходного фильтрата – показатели: содержание взвешенных веществ, цветность, ХПК, БПК_{полн};

– очищенного фильтрата – показатели: содержание взвешенных веществ, цветность, ХПК, БПК_{полн}.

Основным критерием эффективности применения активации раствора коагулянта принимаем остаточное содержание взвешенных веществ, показатели эффективности протекания биологической очистки – БПК_{полн} и ХПК. Сравнительная эффективность применения обычного и активированного раствора коагулянта сульфата алюминия приведена в табл. 2. Также определялась экономическая эффективность от внедрения активированного раствора сульфата алюминия, по результатам опытно-промышленных испытаний пилотной установки (табл. 3).

Схема очистки по базовому варианту включает: реагентное хозяйство, смеситель, первичный и вторичный отстойник, погружные биодисковые фильтры, бактерицидную лампу и каркасно-засыпной фильтр. Затраты на изготовление и монтаж активатора реагентов приняты равными затратам на строительство и реконструкцию реагентного хозяйства по базовому варианту.

Согласно данным табл. 3 и проведенных расчетов (базовый вариант), для очистки 300 м³/сут дренажных сточных вод необходимо 0,08 м³ 10 %-го обычного и 0,06 м³ активированного раствора коагулянта сульфата алюминия (с учетом снижения дозы на 25 %). Учитывая необходимый объем, производительность активатора составляет 0,01 м³/ч при продолжительности работы активатора реагентов 6 часов в сутки.

Ожидается, что годовой экономический эффект от внедрения активированного раствора коагулянта сульфата алюминия составит около 2 тыс. долларов (по сравнению с базовым вариантом).

Таблица 2

Эффективность применения обычного и активированного раствора коагулянта сульфата алюминия

Серия экспериментов	Дата	Показатели исходной сточной вод				Параметры активации		Доза коагулянта сульфата алюминия, мг/дм ³	Показатели очищенной сточной воды				Содержание остаточного алюминия, мг/дм ³	Улучшение показателей очищенных сточных вод, %			
		Взвешенные вещества, мг/дм ³	Цветность, град.	ХПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Напряженность магнитного поля, кА/м	Содержание анодно-растворенного железа		Взвешенные вещества, мг/дм ³	Цветность, град.	ХПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅		Взвешенные вещества, мг/дм ³	Цветность, град.	ХПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅
I (обычный раствор коагулянта)	2.09.17–15.09.17	255,4–267,5	150–165	994,7–1006,5	172,3–184,5	325	12,5	210	13,5	36	28,9	9,3	0,35	–	–	–	–
II (активированный раствор коагулянта)	16.09.17–29.09.17	265,4–271,5	152–164	1010,2–1025,6	164,8–181,5	325	12,5	210	7,7	19	19,8	6,3	0,15	43,0	47,2	31,5	32,3
III (обычный раствор коагулянта)	30.09.17–13.10.17	242,6–269,3	157–172	1010,4–1021,5	166,2–174,5	325	12,5	210	13,4	34	26,4	9,1	0,25	–	–	–	–
IV (активированный раствор коагулянта)	14.10.17–27.10.17	238,2–254,1	160–175	1029,3–1051,6	147,8–161,5	325	12,5	210	7,8	20	18,2	6	0,17	41,8	41,2	31,1	34,1

Таблица 3

Исходные данные для расчета экономического эффекта

№ п/п	Вид показателя	Условные обозначения	Единицы измерения	Базовый вариант	Внедренный вариант
1	Производительность очистных сооружений	Q	м ³ /сут	300	300
2	Средняя доза коагулянта Al ₂ (SO ₄) ₃	D_k	г/м ³	250	200
3	Годовой расход коагулянта Al ₂ (SO ₄) ₃	P_k	т	27,4	21,9
4	Стоимость коагулянта Al ₂ (SO ₄) ₃	C_k	дол./т	360	360
5	Стоимость электроэнергии	$c_э$	дол./кВт·ч	0,06	0,06
6	Стоимость активатора реагентов	C	дол.	–	200
7	Мощность активатора реагентов	N	кВт·ч	–	0,5

Использование на основном этапе мембранных технологий (диск-трубчатые мембраны) может быть оправдана возможностью их многократного использования в циклах «фильтрация–регенерация–фильтрация». Однако эксплуатационные затраты (затраты на обслуживание и электроэнергию) составляют около 35 тыс. дол., включая ежегодную замену модулей, что абсолютно нецелесообразно по экономическим соображениям.

4. Выводы

В работе показано, что интенсификацию процессов очистки сточных вод полигонов ТБО при использовании активированного раствора сульфата алюминия можно объяснить нарушением динамического равновесия водно-дисперсной системы. Это способствует образованию ионных ассоциатов – зародышей новой фазы, выполняющих роль дополнительных центров коагуляции. Анализ проведенных исследований позволяет сделать вывод, что применение активированного раствора коагулянта позволяет снизить расчетную дозу на 25–30 %, без снижения эффективности очистки дренажных вод. В процессе очистки также же наблюдается упрочнение хлопьев образовавшегося осадка и повышение степени его осаждения. Также необходимо отметить, что предложенная технология более эффективна на стадии метаногенеза, т. е. для «старого» фильтрата, который характеризуется более стабильным составом. При применении данной технологии для «молодого» фильтрата (кислотная фаза – ацетогенез) необходимо скорректировать параметры активации раствора, увеличив напряженность магнитного поля и дозу анодно-растворенного железа.

Результаты данного исследования будут полезны при разработке технической документации при эксплуатации полигонов ТБО, а также интересны исследователям при изучении сложностей при очистке специфических концентрированных сточных вод.

Литература

1. Очистка дренажных вод свалок твердых бытовых отходов баромембранными методами / Гончарук В. В. и др. // Химия и технология воды. 2006. Т. 28, № 5. С. 462–471.
2. Степанюк А. П. Проблема знешкодження фільтрату та шляхи її вирішення // Санітарна очистка міст та комунальний автотранспорт. 2002. Вип. 4. С. 40–43.
3. Bolyard S. C., Reinhart D. R. Application of landfill treatment approaches for stabilization of municipal solid waste // Waste Management. 2016. Vol. 55. P. 22–30. doi: <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.01.024>
4. Reinhart D. R. Active municipal solid waste landfill operation: A biochemical reactor // Waste Management. 1993. Vol. 13, Issue 5-7. P. 533. doi: [http://doi.org/10.1016/0956-053x\(93\)90124-f](http://doi.org/10.1016/0956-053x(93)90124-f)
5. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод: монография / Душкин С. С., Коваленко А. Н., Дегтярь М. В., Шевченко Т. А. Х.: ХНАГХ, 2011. 168 с.
6. Комплексный подход к решению проблемы очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов / Варнавская И. В., Сталинский Д. В., Эпштейн С. И., Музыкина З. С. // Водоочистка. 2012. № 4. С. 7–14.
7. Сталинский Д. В., Яцков Н. В., Варнавская И. В. Исследования по оптимизации параметров реагентной очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов от органических загрязнений // Вісник НУВГП. Технічні науки. 2012. Вип. 2 (58). С. 25–34.

8. Denitrification of Mature Landfill Leachate with High Nitrite in Simulated Landfill Columns Packed with Solid Digestate from Organic Fraction of Municipal Solid Waste / Peng W., Pivato A., Cerminara G., Garbo F., Raga R. // Waste and Biomass Valorization. 2018. P. 1–11. doi: <http://doi.org/10.1007/s12649-018-0422-7>

9. Спосіб очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів: Пат. № 45190 Україна, МПК51 (2009) С02F 1/48 / Душкін С. С, Корінько І. В., Солодовник М. В., Ткачов В. О.; заявник та правовласник ХНАМГ. № 45190; заявл. 09.06.2009; опубл. 26.10.2009, Бюл. № 20.

10. Дегтяр М. В. Інтенсифікація процесів очищення висококонцентрованих стічних вод // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2015. Вип. 1 (69). С. 111–116.

11. Солодовник М. В. Граничные условия применения методов очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. 2009. Вип. 34. С. 309–314.