

# ТЕХНОЛОГИЯ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ОТСТОЙНИКА ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

**В. В. Михайленко**

Аспирант\*

E-mail: shavkun\_v\_v@pstu.edu

**А. Е. Капустин**

Доктор химических наук, профессор,  
заведующий кафедрой\*

E-mail: kapustin\_a\_e@pstu.edu

\*Кафедра химической технологии и инженерии

ГВУЗ «Приазовский государственный  
технический университет»

ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87500

*У статті наведена технологічна схема процесу нейтралізації відстійника, що включає вирівнювання дна відстійника, засипку нейтралізуючого шару, засипку адсорбуючого шару, засипку придавлю вальногошару. В процесі очищення води відбувається хімічний та біологічний контроль її компонентів. В якості нейтралізуючої суміші використовується оксид кальцію, в якості сорбенту – шарові подвійні гідроксиди*

*Ключові слова: фільтрат, нейтралізація, дезактивація, полігон твердих побутових відходів*

*В статье приведена технологическая схема процесса нейтрализации отстойника, включающая выравнивание дна отстойника, засыпку нейтрализующего слоя, засыпку адсорбирующего слоя, засыпку придавливающего слоя. В процессе очистки воды производится контроль ее компонентов. В качестве нейтрализующей смеси используется оксид кальция, в качестве сорбента – слоистые двойные гидроксиды*

*Ключевые слова: фильтрат, нейтрализация, дезактивация, полигон твердых бытовых отходов*

## 1. Введение

Проблема твёрдых бытовых отходов (ТБО) в настоящее время становится всё более актуальной [1 – 4]. Накопление и захоронение отходов ведет к значительным потерям природных, почвенных и водных ресурсов, возникновению необратимых процессов загрязнения окружающей среды и несет реальную угрозу здоровью населения.

При прохождении воды сквозь отходы образуется загрязненный фильтрат, в котором вместе с органическими остатками содержатся железо, ртуть, цинк, свинец и прочие металлы из поступающих на свалку жестяных изделий, батареек, электроприборов, а также красители, пестициды, моющие средства и другие химические соединения. Одним из основных путей переноса загрязнений с территории складирования отходов является распространение фильтрата и поверхностных вод, которые стекают с территории полигона во время осадков.

## 2. Постановка проблемы

Исследуемый отстойник расположен на территории полигона твердых бытовых отходов и служит для сбора загрязненного фильтрата.

Необходимость нейтрализации отстойника вызвана тем, что полигон твердых бытовых отходов расположен на левом берегу р. Кальмиус (рис. 1), в 7 км от ее впадения в Азовское море. В стоках полигона твердых бытовых отходов содержатся высокие концентрации неорганических и органических загрязнителей [5].

Так, содержание железа в жидкой фазе отстойника превышает предельно допустимую концентрацию в 3346,3 раза.



Рис. 1. Расположение полигона твердых бытовых отходов относительно реки Кальмиус

Поскольку река Кальмиус впадает в Азовское море, то ее загрязнение приводит и к загрязнению Азовского моря. Ликвидация существующей проблемы включает комплекс мероприятий: переработку накопленного мусора, очистку поверхностного фильтрата и нейтрализацию отстойника. В данной статье описана технология очистки отстойника полигона твердых бытовых отходов.

Целью данной работы явилась разработка технологии очистки отстойника полигона твердых бытовых отходов от химических компонентов с последующей его ликвидацией.

### 3. Анализ литературных данных

Дренажные воды образуются за счет неполного поглощения воды, поступающей в тело полигона с атмосферными осадками или образующейся там в результате различных процессов [6, 7].

Технологические схемы для очистки фильтрационных вод полигонов ТБО отличаются многостадийностью, сочетанием физико-химических и биохимических процессов удаления и деструкции загрязнений [8 – 12]. В них применяют методы фильтрации, ультрафильтрации, обратного осмоса, процессы вакуумного выпаривания и сушки, механическое обезвреживание осадков, обеззараживание очищенных вод перед их выпуском в водоем.

Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, химические, физико-химические и биологические, когда же они применяются вместе, метод очистки и обезвреживания сточных вод называется комбинированным [13]. Применение того или иного метода в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей.

К сожалению, существующие методы обеззараживания сточных вод не могут в полной мере или даже частично применяться для обеззараживания несанкционированных и неконтролируемых стоков полигонов твердых бытовых отходов.

### 4. Разработка технологии очистки отстойника

#### 4.1. Описание отстойника

Полигон состоит из трех частей: 1 - свалка, на которой расположен мусор (около 5,375 млн. т), накопленный в течение 43 лет; 2 – площадка, на которой будет располагаться мусор в будущем; 3 – для сбора поверхностного стока между существующей свалкой и проектируемым полигоном расположен отстойник. Схематическое изображение перечисленных объектов приведено на рис. 2.

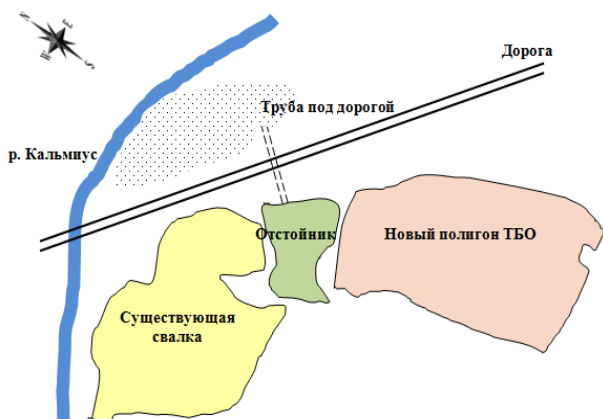


Рис. 2. Расположение отстойника на полигоне твердых бытовых отходов

Химический и микробиологический анализ мусора полигона, дренажных стоков и воды в отстойнике был выполнен нами ранее и описан в работе [14].

Следующим этапом является работа по нейтрализации пруда, которая предусматривает нейтрализацию содержащихся в воде компонентов-загрязнителей, снижение их концентрации путем адсорбции с последующей полной ликвидацией водоема.

Отстойник имеет размеры 110 x 90 м и глубину до 5 м. В прошлом полигон использовался для хранения отходов коксохимического производства. Состав отходов, их количество, время накопления не известно. В настоящее время отстойник служит приемником для накопления фильтрата, образующегося на существующей свалке бытовых отходов.

#### 4.2. Разработка механизмов отстойника и расчет компонентов

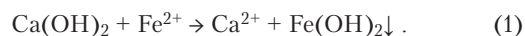
Результаты анализов, проведенные кинетические исследования, изучения влияния основности, давления и фракционного состава [15] позволили выработать наиболее целесообразные условия проведения процесса нейтрализации отстойника.

Анализ водной фазы отстойника и иловых отложений показал превышение предельной концентрации железа и фенолов, удалить которые возможно за счет повышения рН среды.

В качестве нейтрализующей смеси предложен шлак и оксид кальция в соотношении 4:1 (фракционный состав нейтрализующей смеси: 2-3 мм), в качестве сорбента – слоистые двойные гидроксиды [16]. Последовательность засыпания смеси: поочередно, по 1 см смеси, затем 1 см шлака.

Уточненные измерения показали, что объем жидкой фазы отстойника составляет 80 тыс. м<sup>3</sup>, площадь зеркала воды – 40 тыс. м<sup>2</sup>.

Расчет количества оксида кальция, необходимого для осаждения железа рассчитывали исходя из концентрации железа в водной фазе 25,6 ммоль/л, по уравнению:



Исходя из того, что в водной фазе концентрация ионов железа составляет 25,6 ммоль/л, находим общее количество растворенного железа:

$$25,6 \times 80000 = 2,048 \times 10^6 = 114,7. \quad (2)$$

Учитывая молярную массу гидроксида кальция, равную 74 г/моль, находим, что для осаждения данного количества железа требуется 86,8 т оксида кальция.

Поскольку для эффективной нейтрализации содержание оксида кальция в смеси не должно превышать 20 %, то требуется шлака в количестве 347,1 т.

Рассчитаем необходимое количество слоистых двойных гидроксидов, исходя из значения динамической обменной емкости по фенолу, равной  $E = 0,46$  экв/г.

$$m_{\text{сдг}} = \frac{VG}{E}, \quad (3)$$

где  $V$  – объем отстойника, м<sup>3</sup>;  $C$  – концентрация фенолов, моль/л;  $E$  – динамическая обменная ёмкость, экв/г

$$m_{\text{СДГ}} = \frac{VG}{E} = \frac{80000 \times 0,04}{0,46} = 69,6 \sim 70 \text{ т.} \quad (4)$$

Таким образом, общее требуемое количество слоистых двойных гидроксидов, необходимое для полной адсорбции фенолов, составит 70 т, а суммарная масса смеси:

$$86,8 + 347,1 + 70 = 503,9 \text{ т.} \quad (5)$$

Поверхность дна составляет 40 000 м<sup>2</sup>. Принимая эффективную насыпную плотность шлака равной 1500 кг/м<sup>3</sup>, рассчитаем толщину образуемого слоя:

$$\frac{503,9 \times 10^3}{1,5 \times 40 \times 10^3} = 8,4 \text{ см.} \quad (6)$$

Количественный состав компонентов нейтрализующей смеси приведен в табл. 1.

Таблица 1

Количественный состав компонентов нейтрализующей смеси

Толщина слоя	СДГ	Оксид кальция	Шлак
8,4 см	70	86,8	347,1
10 см	83,3	103,3	413,2

**4. 3. Последовательность процесса очистки отстойника**

Таким образом, получили следующую последовательность работ.

1. Выравнивание дна отстойника. С учетом того, что дно отстойника сильно изрезано, а также то, что на дне находится различный мусор, имеющий размеры до 1 м, до начала процесса нейтрализации необходимо выровнять дно. Для этой цели могут быть использованы различные материалы – песок, гравий, шлак, полимерные материалы. Наиболее дешевым и доступным является металлургический шлак. Необходимо использовать фракцию с размерами до 10 мм. Для выравнивания поверхности дна и создания горизонтальной поверхности толщиной 1 м необходимо 40 тыс. м<sup>3</sup> шлака, что при насыпной плотности фракции 0-10 составляет 60 тыс. т. Норма засыпки составляет 1,5 т/м<sup>2</sup>. Отклонение от равномерности засыпки – не более 20%. Наиболее рациональной технологией выравнивания дна является использование гидротранспорта. Предлагаемая схема процесса приведена на рис. 3.

Общее количество металлургического шлака, необходимого для выравнивания дна отстойника составляет 60 тыс. т.

2. Засыпка нейтрализующего и адсорбирующего слоя. Слой в 5 см выбран с учетом угла естественного откоса, поэтому отклонение от равномерности высыпания может составлять не более 10 %. Схематическое изображение процесса засыпки приведено на рис. 4.

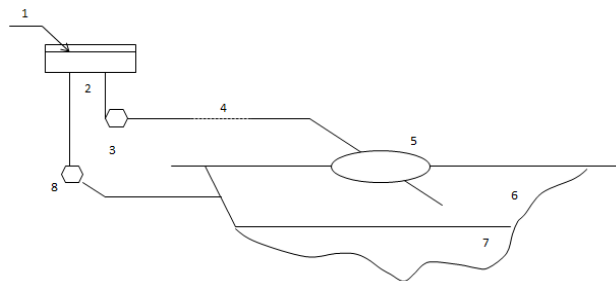


Рис. 3. Схематическое изображение нейтрализации: 1 – шлак фракцией 0-10, 2 – смеситель, 3 – насос для подачи пульпы в отстойник, 4 – гибкий рукав переменной длины, 5 – понтоны для перемещения рукава по поверхности воды, 6 – отстойник, 7 – выравнивающий слой шлака на дне, 8 – насос для подачи оборотной воды в смеситель

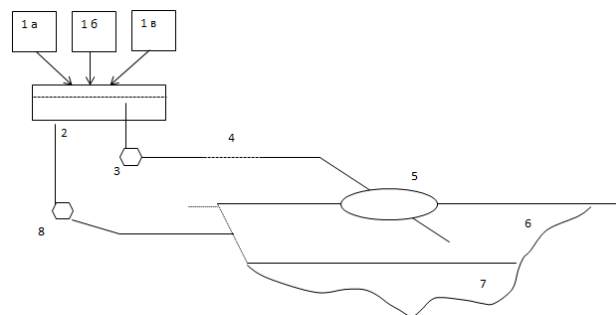


Рис. 4. Схематическое изображение процесса засыпки: 1а – дозатор шлака, 1б – дозатор оксида кальция, 1в – дозатор активированного угля, 2 – смеситель, 3 – насос для подачи пульпы в пруд, 4 – гибкий рукав переменной длины, 5 – понтоны для перемещения рукава по поверхности воды, 6 – отстойник, 7 – выравнивающий слой шлака на дне, 8 – насос для подачи оборотной воды в смеситель

3. Засыпка придавливающего слоя. Для этой цели использовался металлургический шлак с фракцией размером до 50 мм. С учетом площади зеркала водной фазы отстойника, для создания горизонтальной поверхности с помощью фракции до 50 мм, необходимо 20 тыс. м<sup>3</sup> или 30 тыс. т шлака. Норма засыпки – 1,5 т/м<sup>2</sup>. выравнивание дна проводили при помощи гидротранспорта с использованием установки, приведенной на рис. 2. После засыпки придавливающего слоя следует сделать выдержку не менее 5 дней для созревания асфальтоподобного слоя.

4. Засыпка верхнего слоя. Для того, чтобы при откачивании воды не повредить основные слои, придавливающий слой должен иметь защитное покрытие. Для этой цели использовались крупные фракции шлака, оставшиеся после фракционирования и использования фракций 0-10, 2-3, 0-50. Толщина защитного слоя составила 0,5 м, общее количество необходимого шлака 30 тыс. т, засыпка осуществлялась при помощи бульдозера. Норма засыпки – 1,5 т/м<sup>2</sup>, с отклонением от равномерности засыпки – не более 30 %.

Общее количество материалов, необходимых для нейтрализации компонентов водной фазы отстойника, приведено в табл. 2.

Таблица 2

Общее количество материалов для нейтрализации

№	Наименование	Количество, т
	Шлак металлургический 0-10	60
	Шлак металлургический 2-3	413,2
	Оксид кальция	86,8
	СДГ-52	70
	Шлак металлургический 0-50	30
	Шлак металлургический н/ф	30
	Всего шлака	533,2

Согласно планируемому процессу нейтрализации отстойника первоначально в отстойник с понтона вводится известковый раствор. Время введения раствора 8 суток. После введения извести вводится придавливающий слой из сеянного граншлака. Засыпка также будет осуществляться автотранспортом. Поверхность отстойника разделяется шлаковыми насыпями, имеющими трапециевидный профиль. Технологический процесс предусматривает, что подвозимые автотранспортом шлаковые материалы будут сгружаться непосредственно в отстойник. Расстояние между насыпями 16 м. количество насыпей – 7 (рис. 5).

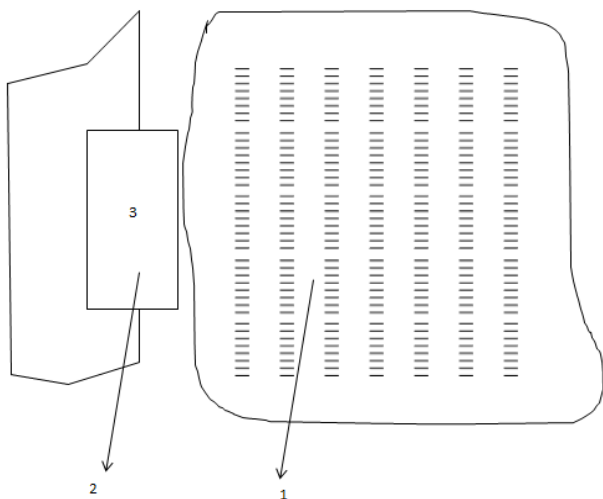


Рис. 5. Технологическая схема процесса нейтрализации отстойника: 1 – насыпи из шлака, 2 – промплощадка, 3 – смеситель для приготовления раствора

Предполагаемая далее засыпка придавливающего слоя также осуществляется автотранспортом.

После введения извести и слоистых двойных гидроксидов выдерживается 10-дневная пауза для образования асфальтоподобного слоя и проводится химический и микробиологический анализ воды [17].

В процессе нейтрализации из водной фазы отстойника извлечено: органических соединений - 45,6 т; неорганических соединений - 522 т. Все как органические, так и неорганические соединения были осаждены на дно и перешли в асфальтоподобный слой. Вывозки или какого-либо иного удаления отходов не предусматривалось.

Нейтрализованные воды отстойника сбрасываются (порционно, после нейтрализации каждого сектора пруда) через дренажную сеть на биоплато, располо-

женное за автодорогой, а оттуда - в р. Кальмиус. До попадания нейтрализованных вод в р. Кальмиус состав сбрасываемых вод контролируется дважды: в пруду непосредственно после нейтрализации и перед сбросом на биоплато; второй раз - после биоплато перед сбросом в р. Кальмиус.

При нейтрализации отстойника в газовой фазе резко снижается содержание кислотных компонентов. И при любом режиме нейтрализации выбросы в атмосферу в основном представлены кислородом и водяным паром (табл. 3).

Таблица 3

Газовыделение при нейтрализации

Масса оксида кальция, г	Имитация	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CO	NH <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	RH
10 <sup>-4</sup>	лопата	15,1	0,12	6,4	126	42	22	11	29	98
10 <sup>-2</sup>	1 тонна	19,2	0,10	7,0	157	34	13	-	14	112
0,1	"КамАЗ"	21,1	0,05	7,9	123	58	-	-	-	72
1,0	500 тонн	19,8	0,04	8,2	175	77	-	-	-	87
10,0	5000 тонн	13,4	0,02	17	94	147	-	-	-	93

В процессе нейтрализации жидкой фазы отстойника используется известь в полиэтиленовых мешках, представляющая собой пастообразное вещество. Пыление или другое воздействие ее на атмосферу исключено. Таким образом, можно утверждать, что процесс нейтрализации не оказывает негативного воздействия на воздушную среду.

Кроме того результаты деятельности коснутся состояния растительного и животного мира, а также социальной и техногенной сред. При соблюдении всех рекомендаций и предписаний содержащихся в проекте, ликвидация отстойника не приведет к сколь либо значительному негативному воздействию на состояние окружающей природной среды.

## 5. Выводы

Данный поэтапный процесс нейтрализации компонентов водной фазы отстойника позволит в значительной степени снизить уровень загрязнения р. Кальмиус и Азовского моря, обеспечивая двухступенчатый контроль качества нейтрализованных и доочищенных на биоплато вод из отстойника.

## Литература

1. Лунева, О. В. Основной источник загрязнения окружающей природной среды – отходы. [Текст] / О. В. Лунева // Вісті Автомобільно-дорожного інституту. – 2011. – №1 (12). – С. 181-187.
2. Довгань, С. А. Полигоны ТБО: проблемы очистки фильтрата. [Текст] / С. А. Довгань // Экология и промышленность России. – 2009. – № 4. – С. 22-23.

3. Окрушко, В. Е. Анализ подходов к обезвреживанию ТБО в Донецкой области. [Текст] / В. Е. Окрушко, Е. Ю. Шаповалова // Вестник Донбасской академии строительства и архитектуры. – 2011. – № 5. – С. 135-139.
4. Ашихмина, Т.В. Загрязнение окружающей среды при депонировании твердых бытовых отходов. [Текст] / Т. В. Ашихмина и др. // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 7. – С. 78-80.
5. Степаненко, Е. Е. Исследование химического состава фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов. [Текст] / Е. Е. Степаненко // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – 2009. – Т. 11, № 1 (3). – С. 525-527.
6. Челядін, Л. І. Обладнання очищення стічних вод і його вплив на гідросферний фактор екологічної безпеки об'єкту [Текст] / Л. І. Челядін, Л. І. Григорчук // Екологічна безпека. – 2009. – № 1. – С. 20-25.
7. Ведяшкин, А. С. Разработка способа защиты грунтовых вод от загрязнения в местах складирования твердых отходов [Текст] / А. С. Ведяшкин, Н. Р. Ахмедова // Вестник томского государственного университета. – 2010. – № 330. – С. 200-201.
8. Сталинский, Д. В. К вопросу об очистке сточных вод полигонов твердых бытовых отходов [Текст] / Д. В. Сталинский и др. // Науковий вісник будівництва. – 2009. – № 52. – С. 120-129.
9. Луговской, А. Ф. Оценка методов обеззараживания воды [Текст] / А. Ф. Луговской, А. В. Мовчанюк, И. А. Гришко // Вестник Национального технического университета Украины. Серия «Машиностроение». – 2008. – № 52. – С.103-111.
10. Душкин, С. С. Прогрессивные технологии в области очистки природных и сточных вод [Текст] / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная // Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – № 93. – С. 3-11.
11. Вайсман, Я. И. Управление водным балансом полигона ТБО на примере полигона в г. Краснокамске [Текст] / Я. И. Вайсман, С. Ю. Чудинов, Д. С. Кравченко // Вестник ПНИПУ. Урбанистика. – 2012. – № 1. – С. 43-57.
12. Яцков, М. В. Аналіз методів очищення фільтрату полігонів твердих побутових відходів [Текст] / М. В. Яцков, І. В. Варнавська // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. – 2009. – № 34. – С. 279-288.
13. Самохвалова, А. И. Общие сведения о системе очистки сточных вод [Текст] / А. И. Самохвалова // Науковий вісник будівництва. – 2009. – № 51. – С. 121-125.
14. Shavkun, V., Kapustin, A., Binkovskiy, Y. (2013). Azov Sea contamination by Dumps and Landfill, Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems. №1; Vol. 4. – P. 67-72.
15. Шавкун, В. В. Очистка отстаивающего полигона твердых бытовых отходов от фенолов [Текст] / В. В. Шавкун, А. Е. Капустин, Э. О. Бутенко // Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ» – 2013. – № 16 (989). – С. 122-128.
16. Бутенко, Э. О. Сорбционное удаление токсических соединений из промышленных сточных вод при помощи слоистых двойных гидроксидов [Текст] / Э. О. Бутенко, А. Е. Капустин // Экология и здоровье человека, охрана воздушного и водного бассейнов, 2010, т. 2., с. 315-325.
17. МУК 4.2.796-99. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Методы санитарно-паразитологических исследований. Методические указания. Введен: 22.03.00. – М.: Стандартиформ, 2000. 69 с.