

УДК 546.77

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ КОНЦЕНТРАТА ФИЛЬТРАТА ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ Золами УНОСА МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ

© 2012 г. И.М. Островкин, П.И. Островкин

Холдинговая компания ООО «СТРОЙИНЖСЕРВИС-2», Москва

Ключевые слова: фильтрат, обезвреживание фильтрата, зола уноса, обратный осмос.

Изучена возможность обезвреживания концентратов фильтрата полигонов твердых бытовых отходов золами уноса мусоросжигательных заводов, содержащими тяжелые металлы, с последующей иммобилизацией полученной пульпы в цементную матрицу. Показано, что количества гуминовых кислот, находящихся в концентрате фильтрата, достаточно, чтобы связать в комплексы тяжелые металлы, содержащиеся в золе уноса. Показана возможность взаимного обезвреживания концентрата фильтрата и золы уноса.



И.М. Островкин



П.И. Островкин

В средней полосе России, где уровень атмосферных осадков составляет 550–700 мм/год, при площади полигона твердых бытовых отходов (ТБО) 11 га и среднегодовом поступлении отходов 850 тыс. м³/год образуется 134 тыс. м³/год фильтрата [1], который попадает в поверхностные и подземные воды вблизи населенных пунктов. Это представляет угрозу последующего загрязнения рек и озер, являющихся основным источником питьевого водоснабжения. Другим серьезным источником загрязнения окружающей среды являются золы уноса мусоросжигательных заводов, содержащие значительные количества токсичных тяжелых металлов.

Существует ряд технологий очистки фильтрата как биологических [2, 3], так и физико-химических [4, 5]. В настоящее время, в связи с ужесточением требований на качество очистки фильтрата до рыбохозяйственных нормативов [6],

Водное хозяйство России № 2, 2012

Водное хозяйство России

для его очистки все более широкое применение находит технология обратного осмоса. Технология позволяет очищать фильтрат одновременно от органических, неорганических и бактериальных загрязняющих веществ при комнатной температуре и получать воду с очень высоким качеством очистки (очищенная вода соответствует рыбохозяйственным нормативам). Образующийся в процессе очистки концентрат является очень токсичным и требует дальнейшей утилизации. Существующие в настоящее время технологии его утилизации (выпарка и др.) сложны в техническом отношении и дорогостоящи.

Известно [7–9], что внесение в фильтрат полигонов ТБО (ФП ТБО) гидроксида кальция до значения $\text{pH} \geq 11$ приводит к осаждению находящихся в растворе гуминовых и фульвокислот, а также их комплексов с тяжелыми металлами. Данное свойство фильтрата используется в ряде технологий [8] для предмембранной его очистки. Это позволило предположить, что зола уноса мусоросжигательных заводов, содержащая значительные количества окиси кальция, приведет к аналогичному эффекту при ее внесении в фильтрат. В свою очередь, гуминовые кислоты, являющиеся основным органическим компонентом фильтрата, возможно, свяжут тяжелые металлы, содержащиеся в золе уноса.

Целью данной работы была разработка основ принципиально новой технологии взаимного обезвреживания концентрата фильтрата полигонов ТБО и золы уноса мусоросжигательных заводов, содержащей тяжелые металлы.

Экспериментальная часть

В работе проводилось исследование взаимодействия образцов золы уноса мусоросжигательного завода № 4 г. Москвы (МСЗ-4) и концентрата фильтрата, полученного после обезвреживания ФП ТБО «Тимохово» на установке обратного осмоса.

Основным методом анализа изменения концентрации растворенных органических веществ в процессе очистки был метод ультрафиолетовой абсорбции. Ультрафиолетовое поглощение измеряли с помощью УФ-спектрофотометра VARIAN CARY 100.

Ультрафиолетовое поглощение часто используют для определения значений общего органического углерода для гумусовых веществ [10]. Удаление общего органического углерода путем смягчения хорошо коррелируется ($r > 0,99$) с удалением по данным ультрафиолетовой абсорбции для каждого исследуемого вещества.

В ряде случаев для определения изменения содержания органических веществ в растворе использовали определение ХПК.

Концентрация тяжелых металлов в растворе определялась на атомно-абсорбционном спектрометре «PLASMA-40».

Результаты и обсуждения

Чтобы оценить возможность использования концентрата полигонов ТБО для обезвреживания золы уноса мусоросжигательных заводов, были определены составы концентрата фильтрата и золы уноса. Полученные результаты представлены в табл. 1–3.

Результаты анализов показали (см. табл. 1), что концентрат состоит (по органической составляющей), главным образом, из гуминовой кислоты (27–30 %) и фульвокислоты (70–73%). Хорошая растворимость фульвокислоты по сравнению с гуминовыми кислотами является причиной ее более высокой концентрации в фильтрате. Наличие в структуре фульво- и гуминовых кислот карбоксильных и фенолгидроксильных групп, аминогрупп способствует образованию прочных комплексных соединений с металлами.

В табл. 2, 3 представлены основные компоненты золы уноса мусоросжигательного завода № 4 (МСЗ-4) г. Москвы.

Необходимо отметить, что рН водной вытяжки золы составляет 12,2, т. е. при этих условиях, учитывая значительное содержание кальция в золе (5520 мг/л), гуминовые, фульвокислоты, а также их комплексы с металлами будут образовывать нерастворимые осадки [7].

Исходя из емкости гуминовых и фульвокислот по тяжелым металлам [9–11], можно оценить способность концентрата фильтрата полигонов ТБО связать металлы, находящиеся в золе уноса. Средняя емкость гуминовых кислот достигает 7,0 мг-экв/г, емкость фульвокислот еще выше. Следовательно, 10,23 г гуминовых и фульвокислот, содержащиеся в 1 л кон-

Таблица 1. Характеристики концентрированного фильтрата, образовавшегося после обратноосмотической очистки ФП ТБО «Тимохово»

Наименование показателей	Количество, мг/л
Сухой остаток	43 500,00
ХПК	13 680,00
Азот аммонийный	5250,00
Аммоний-ион	6760,00
Азот общий	5250,00
Кальций	472,00
Магний	521,00
Фосфат-ион	204,00
Гуминовые кислоты	3950,00
Фульвокислоты	9880,00

Таблица 2. Основные компоненты золы мусоросжигательного завода № 4 г. Москвы

Наименование показателей	Значение
Внешний вид	Пылеобразная масса серого цвета
Насыпная плотность, г/см ³	0,52–0,54
Влажность, %	1,14
pH	12,2

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в золе уноса мусоросжигательного завода № 4 г. Москвы

Металл	Концентрация, мг-экв/л	Металл	Концентрация, мг-экв/л
Ванадий	17,0	Сурьма	0,06
Железо	0,9	Хром	3,9
Кадмий	0,068	Цинк	12,7
Кобальт	1,0	Стронций	4,00
Марганец	14,8	Олово	0,072
Медь	0,12	Селен	0,036
Мышьяк	0,15	Кальций	276,0
Свинец	0,052	Магний	42,6

центра, способны связать 71,6 мг-экв металлов. Содержание тяжелых металлов в золе уноса МСЗ-4 около 51,0 мг-экв/л.

Таким образом, гуминовых и фульвокислот, содержащихся в 1 л концентрата фильтрата, достаточно для того, чтобы связать тяжелые металлы в комплексы содержащиеся в 1,4 л золы уноса и нет необходимости вносить дополнительно дорогостоящие гуматы щелочных металлов.

Для проверки данного предположения были проведены эксперименты по обезвреживанию золы уноса как концентратом фильтрата, так и с добавлением к нему гуминовой кислоты (5 г/л). По результатам эксперимента, представленным в табл. 4. можно сделать следующие выводы:

1. В результате взаимодействия золы уноса и фильтрата существенно снизилась концентрация тяжелых металлов в растворе.

2. Добавление гуминовых кислот не привело к значимому изменению концентрации тяжелых металлов в растворе.

Как отмечалось в ряде работ [6, 8], кальциевые соли гуминовой и фульвокислоты образуют труднорастворимые соединения в щелочных средах. Проведенные нами исследования показали, что при получении суспензии золы уноса в концентрате фильтрата полигонов ТБО 99 % гуминовой и свы-

Таблица 4. Содержание металлов в водной фазе после взаимодействия золы и концентрата фильтрата

Металл	Содержание металла, мг/л		
	Исходный концентрат фильтрата	После обработки концентрата фильтрата золой уноса	После обработки (концентрата фильтрата + гумат калия) золой уноса
Медь	11,01	1,75	1,59
Железо	23,1	3,56	3,41
Цинк	2,80	0,36	0,35
Марганец	2,62	0,17	0,16
Свинец	0,51	<0,01	<0,01
Ванадий	1,11	<0,01	<0,01

ше 90 % фульвокислоты, вместе с сорбированными металлами, переходят в твердую фазу (табл. 5).

При смешении золы мусоросжигательного завода с концентратом фильтрата полигонов ТБО в получившейся пульпе происходят следующие процессы:

- образование комплексных соединений гуминовых и фульвокислот с тяжелыми металлами, содержащимися в золе мусоросжигательного завода;
- выделение в нерастворимый осадок гидроксидов и основных карбонатов некоторых металлов из концентрата ФП ТБО в результате повышения рН до 12,0;
- выделение в осадок гуматов и фульватов кальция, нерастворимых при рН > 11, вместе с сорбированными тяжелыми металлами.

Следующий этап работы связан с изучением возможности использования полученной зольной пульпы как компонента бетона.

Проведенные исследования показали, что в соотношениях – концентрат фильтрата : зола уноса : цемент = 1 : 0,94–1,3 : 0,3–1,0 – получающийся це-

Таблица 5. Содержание гуминовой и фульвокислоты в растворе после обработки концентрата фильтрата золой уноса мусоросжигательного завода № 4 г. Москвы

Вещество	Содержание, мг/л	
	В исходном концентрате	После обработки золой уноса
Гуминовая кислота	3950,00	40,00
Фульвокислота	9880,00	950,00

ментный камень обладает хорошими механическими качествами и может быть использован в дорожном строительстве.

По заключению Испытательного лабораторного центра (ИЛЦ) Федерального государственного учреждения здравоохранения «Центра гигиены и эпидемиологии в Московской области», все образцы имели показатели в соответствии с 4-м классом опасности, согласно требованиям СП 2.1.7.1386-03 «Определение класса опасности токсичных отходов производства и потребления».

Таким образом, представленные в данной работе результаты убедительно продемонстрировали возможность обезвреживания концентрата полигонов ТБО золой уноса мусоросжигательных заводов с последующей иммобилизацией полученной пульпы в цементную матрицу, что практически полностью предотвращает попадание тяжелых металлов в поверхностных водных объектов и водоносных горизонтов, поскольку диффузия металлов в бетонах крайне мала. Следовательно, обезвреживание ФП ТБО предотвращает загрязнение рек, озер и морей, являющихся основным источником питьевой воды.

Использование в предлагаемой технологии для обезвреживания одного вида отходов (концентрата фильтрата полигонов ТБО) и отходов другого производства (золы уноса мусоросжигательных заводов) позволяет существенно удешевить процесс утилизации.

Выводы

Проведенные испытания показали, что количества гуминовых кислот, находящихся в концентрате фильтрата полигонов ТБО, достаточно, чтобы связать в комплексы тяжелые металлы, содержащиеся в золе уноса.

Установлено, что в результате взаимодействия концентрата фильтрата полигонов ТБО и золы уноса происходит их взаимное обезвреживание. Содержание тяжелых металлов в водной фазе полученной пульпы существенно меньше (10 раз и более), чем в концентрате фильтрата.

Показано, что при соотношениях – концентрат фильтрата : зола уноса : цемент = 1 : 0,94–1,3 : 0,3–1,0 – получающийся цементный камень обладает хорошими механическими качествами и может быть использован в дорожном строительстве и является при этом веществом 4-го класса опасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степаненко Е.Е., Поспелова О.А., Зеленская Т.Г. Исследование химического состава фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов // Известия Самарского НЦ РАН. 2009. Т.11. №1(3). С. 525–527.

2. Яковлев С.В., Карюхина Т.А. Биохимические процессы в очистке сточных вод. М.: Стройиздат, 1980. 305 с.
3. Проскуряков А.Ф. Методы обезвреживания свалочных грунтов, фильтрата, биогаза: обзорная информация. М.: ИЭЖКХ, 1993. 98 с.
4. Родионов А.И., Глушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. М.: Химия, 1989. 512 с.
5. Вайсман Я.И., Глушанкова И.С., Рудакова Л.В., Абрамов Н.Ф. Физико-химические методы защиты биосферы. Очистка фильтрационных вод полигонов захоронения твердых бытовых отходов. Уч. пос. Пермь: Изд-во ПГТУ, 2005. 197 с.
6. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20. Зарег. в Минюсте России 09.02.2010 № 16326. «Российская газета». № 46 от 05.03.2010.
7. Wilson A.L. Usage of lime for precipitation humic acids of wastewaters. // Journal of Applied Chemistry. 1960. V. 10. P. 377–383.
8. Гончарук В.В., Вакуленко В.Ф., Шевченко Т.Л., Сова А.Н. Комплексная очистка сточных вод свалок твердых бытовых отходов // Химия и технология воды. 2007. Т. 29. № 1. С. 55–66.
9. Лиштван И.И., Круглицкий Н.Н. Физико-химическая механика гуминовых веществ. Минск: Наука и техника, 1976. 156 с.
10. Герасимов И.П., Чичагова С.А. Гумусовые кислоты как главные комплексообразующие вещества // Почвоведение. 1971. № 10. С. 3111–3119.
11. Prado A.G.S., Airoidi C. Humic Acid-Divalent Cation Interactions // Thermochimica Acta. 2003. V. 405. P. 287–292.

Сведения об авторах:

Островкин Илья Моисеевич, к. э. н., чл.-корр. РАЕН, Председатель совета директоров, Холдинговая компания ООО «СТРОЙИНЖСЕРВИС-2», 111033, Москва, Золоторожская наб., д. 1, стр. 1; e-mail: ostrovkin@list.ru

Островкин Петр Ильич, заместитель генерального директора, Холдинговая компания ООО «СТРОЙИНЖСЕРВИС-2», 111033, Москва, Золоторожская наб., д. 1, стр. 1; e-mail: Petr.ostrovkin.74@mail.ru.