

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И СТЕПЕНИ ИХ ТОКСИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ РОССИИ© 2020 А.В. Васильев¹, А.Ф. Кондратьев²¹Самарский федеральный исследовательский центр РАН²Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 10.01.2020

На примере Самарской области описаны особенности определения морфологического состава твердых бытовых отходов и результаты определения степени их токсичности. Показано, что в морфологическом составе наблюдается преобладание пищевых отходов. Исследования степени токсичности отходов методами биотестирования показали, что твердые бытовые отходы являются токсичными и имеют 4 класс опасности. Таким образом, необходима их переработка и очистка. *Ключевые слова:* обращение с отходами, твёрдые бытовые отходы, морфологический состав, токсичность, определение.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-2-51-54

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из наиболее актуальных экологических проблем является обеспечение экологической безопасности при обращении с отходами [1–8]. В Российской Федерации ежегодно образуется около 7 млрд. тонн всех видов отходов, из которых используется лишь 2 млрд. тонн, или 28,6% [5]. На территории страны в отвалах и хранилищах накоплено около 100 млрд. тонн твердых отходов, причем более 2 млрд. тонн из них – токсичных.

В общей массе образующихся отходов производства и потребления всё более возрастает доля твёрдых бытовых отходов. Сегодня проблема твердых отходов в полной мере не решена ни в одной стране мира [1, 5, 6, 8], утилизация их остается на повестке дня XXI в. Только под свалки и полигоны твердых бытовых отходов в России ежегодно официально отводится более 10 тыс. га земель. При этом твердые бытовые отходы, поступающие на полигоны по захоронению, считаются неопасными, определение степени их токсичности не проводится.

С нарастанием токсичности отходов становится всё более опасным для эпидемиологического благополучия состав фильтрата полигонов твёрдых бытовых отходов. Возникает необходимость снизить негативное воздействие отходов на человека и окружающую среду (почву, воз-

дух, водные объекты). Изучение морфологического состава твёрдых бытовых отходов также позволяет выбрать эффективные технологии утилизации отходов.

В настоящей статье обсуждаются особенности определения морфологического состава твердых бытовых отходов и результаты определения степени их токсичности в условиях Самарской области.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Твёрдые бытовые отходы по морфологическому признаку традиционно подразделяются на компоненты: бумагу, картон; пищевые отходы; дерево; металл (черный и цветной); текстиль; кости; стекло; кожа; резина; камни; полимерные материалы, прочие (неклассифицируемые части); отсев (менее 15 мм).

По морфологическому составу твердых бытовых отходов (ТБО) накоплены достаточно подробные данные как в Российской Федерации, так и за рубежом, причем с известной поправкой по времени и на климатические условия эти данные достаточно близки. Так, если сопоставить данные по ТБО США (без учреждений отходов) и ТБО РФ [5, 6] на 1970 и 1980 гг. соответственно, то эти данные во многом близки. Проведенный авторами анализ показывает, что индустриализация изменила морфологический состав ТБО. Содержание пищевых отходов в общей массе снизилось, стало больше неразлагаемых вредных фракций: пластика, пластмассовых изделий; резиновых, каучуковых изделий; отработанных ртутьсодержащих изделий; стеклянных бутылок, банок и пр. Например, это

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, начальник отдела инженерной экологии и экологического мониторинга Самарского федерального исследовательского центра РАН.

E-mail: avassil62@mail.ru

Кондратьев Алексей Фёдорович, аспирант кафедры «Химическая технология и промышленная экология»

E-mail: ecology@samgtu.ru

подтверждают данные по морфологическому составу ТБО для г. Ростова-на-Дону, показанные в табл. 1 [5]. Можно наблюдать, что в структуре ТБО сохраняется преобладание пищевых отходов. Следует обратить особое внимание на рост содержания пластика в ТБО. Предсказанное и оправдавшееся увеличение этой доли в США в четыре раза за 30 лет происходит и в России: наблюдается рост относительной величины массы пластика до 8-10%. Сама же масса ТБО в РФ в последние годы имеет тенденцию к увеличению (до 0,75-0,9% ежегодно), причем почти половина этой массы приходится на города с населением 1 млн. жителей и более.

Авторами проведено определение морфологического состава твёрдых бытовых отходов наиболее крупных городов Самарской области: Самара, Тольятти, Сызрань. Результаты определения морфологического состава твёрдых бытовых отходов представлены в табл. 2. В морфологическом составе наблюдается преобладание пищевых отходов (44,0%). Следует отметить значительное содержание полимеров (9,5%), среди которых преобладают пластиковые бутылки, полиэтиленовые пакеты, пластмассовые емкости. Из общего числа полимеров примерно 40% приходится на пластиковые упаковки про-

дуктов длительного хранения. В целом полученные результаты примерно схожи с результатами, представленными в табл. 1.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ТОКСИЧНОСТИ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Определение степени токсичности ТБО осуществлялось с использованием методов биотестирования. В качестве тест-объектов для проведения исследований использовались зеленая протококковая водоросль хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer), ПНД Ф 14.1:2:4.10-04, 16.1:2:3:3.7-04, и рачки *Daphnia magna* Straus, ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06, 16.1:2:3:3.9-06.

Методика определения острой токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности тест-культуры зеленой протококковой водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer) основана на регистрации различий в оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла, выращенной на среде, не содержащей токсических веществ (контроль) и тестируемых проб поверхностных пресных,

Таблица 1. Состав ТБО (г. Ростов-на-Дону)

№ п/п	Состав отходов	Количество по массе, % (данные за 1997 г.)
1	Бумага, картон	24,4
2	Пищевые отходы	45,9
3	Дерево	0,4
4	Металл	2,2
5	Текстиль	2,3
6	Пластмасса	11,6
7	Стекло	5,9
8	Прочее	7,3

Таблица 2. Морфологический состав твёрдых бытовых отходов наиболее крупных городов Самарской области

№ п/п	Наименование фракций	Процентное содержание в общем объёме по массе, %
1.	Пищевые отходы	46,3 %
2.	Бумага	23,8 %
3.	Пластмасса, полимеры	9,5 %
4.	Дерево	2,3 %
5.	Текстиль	2,1 %
6.	Металл	1,8 %
7.	Стекло	3,1 %
8.	Кожа, резина	2,6 %
9.	Прочее	8,5 %
	ВСЕГО	100 %

грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов (опыт), в которых эти вещества могут присутствовать. Измерение оптической плотности суспензии водоросли позволяет оперативно контролировать изменение численности клеток в контрольном и опытном вариантах острого токсикологического эксперимента, проводимого в специализированном многокуветном культиваторе. Критерием токсичности воды является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой воде по сравнению с ее ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде.

В экспериментах по определению острого токсического действия устанавливается токсичная концентрация отдельных веществ или токсичная кратность разбавления вод и водных вытяжек, содержащих смеси веществ, вызывающие снижение на 20 % и более или увеличение на 30 % и более величины оптической плотности тест-культуры водоросли по сравнению с контролем за 22 часа световой экспозиции. Степень острого токсического воздействия тестируемых отходов на водоросли оценивается по разнице величины оптической плотности тест-культуры в контрольных и опытных вариантах после 22 часов выращивания в культиваторе KBM-05. С этой целью для каждого разведения по результатам четырех параллельных определений вычисляется среднее значение оптической плотности по формуле:

$$X = \sum X_i / n, \quad (1)$$

где X – среднее значение оптической плотности;
 X_i – значения оптической плотности в i -том параллельном определении;
 n – количество параллельных определений.

Рассчитывается относительная (в %) разница величины оптической плотности для каждого разведения по сравнению с контролем (I):

$$I = (X_k - X_o) / X_k \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где X_k и X_o – средние значения оптической плотности в контроле и в опыте, соответственно.

Критерием токсичности пробы является снижение средней величины оптической плотности по сравнению с контрольным вариантом

на 20% и более в случае подавления роста тест-культуры или ее повышение на 30% и более – при стимуляции ростовых процессов.

Качество тестируемой пробы устанавливается на основе её токсикологических характеристик через величину токсичной кратности разбавления вод и водных вытяжек согласно таблицы 3. Для этого из результатов биотестирования разведений пробы, кратных трем, выбирают то разбавление, для которого рассчитанный по формуле (2) индекс отклонения (I) превысил критерий токсичности пробы. При этом процент отклонения в величине оптической плотности по сравнению с контролем, проявляющийся в виде подавления роста, приводятся со знаком (+), а его стимуляции со знаком (-).

Если в ряду разбавлений имеются отклонения в оптической плотности как в ту, так и другую сторону, то качество воды устанавливается по наибольшей величине разбавления, для которой превышен критерий токсичности. Если критерий токсичности не превышен ни при одном разбавлении воды, включая ее исходный неразбавленный вариант, то проба считается нетоксичной.

Методика ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06, 16.1:2:3:3.9-06 основана на определении смертности дафний (*Daphnia magna* Straus) при воздействии токсических веществ, присутствующих в исследуемой водной среде, по сравнению с контрольной культурой в пробах, не содержащих токсических веществ (контроль).

Острое токсическое действие исследуемой воды или водной вытяжки из почв, осадков сточных вод и отходов на дафний определяется по их смертности (летальности) за определенный период экспозиции. Критерием острой токсичности служит гибель 50 % и более дафний за 48 часов в исследуемой пробе при условии, что в контрольном эксперименте все рачки сохраняют свою жизнеспособность.

Было проведено более десяти биотестов проб водной вытяжки твердых бытовых отходов. Усреднённые результаты биотестирования позволяют сделать следующие выводы:

1. Исследованные пробы оказывают токсическое действие на тест-объект водоросли хлорелла. Рекомендуемая кратность разбавления: 3 раза.

Таблица 3. Токсикологические характеристики качества испытываемой пробы

Величина разбавления тестируемой пробы, при которой превышен критерий токсичности	Качество пробы
1 (неразбавленная)	слаботоксичная
3	среднетоксичная
9	токсичная
27	сильнотоксичная
81	гипертоксичная

2. Исследованные пробы не оказывают токсического действия на тест-объект *Daphnia magna* Straus. В исследованных пробах наблюдается 100 % выживаемость тест-объекта при исходной токсической кратности разбавления за всё время экспонирования (48 часов).

Таким образом, согласно результатам биотестирования проб твердых бытовых отходов, отобранных на территориях наиболее крупных городов Самарской области установлено, что по тест-объекту «Водоросли хлорелла» исследованная проба оказывает слаботоксическое действие. На тест-объект *Daphnia magna* Straus исследованная проба не оказывает токсического действия. Следовательно, исследованные твердые бытовые являются слаботоксичными и соответствуют четвертому классу опасности.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ морфологического состава твердых бытовых в условиях Самарской области. Полученные результаты согласуются с имеющимися типовыми данными. В морфологическом составе наблюдается преобладание пищевых отходов. Следует отметить значительное содержание полимеров.

Проведено исследование степени токсичности проб твердых бытовых отходов, отобранных на территориях наиболее крупных городов Самарской области, методами биотестирования с использованием в качестве тест-объектов зеленой протококковой водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer), ПНД Ф 14.1:2:4.10-04, 16.1:2:3:3.7-04, и рачков *Daphnia magna* Straus, ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06, 16.1:2:3:3.9-06. Лабораторным путём исследовалось более 10 проб твердых бытовых отходов.

На основании полученных результатов биотестирования сделано заключение о степени токсичности и классе опасности отходов: исследованные твердые бытовые являются слаботоксичными и соответствуют четвертому классу опасности. Таким образом, необходима их переработка и очистка перед размещением на полигонах по захоронению отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. Человек – Экономика – Биота – Среда: учебник для вузов – 2-е изд., М.: «ЮНИТИ-ДАНА», 2000.
2. Васильев А.В., Мельникова Д.А., Дегтерева М.С. Особенности организации системы обращения с отходами в условиях Самарской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-1.С. 313-316.
3. Васильев А.В. Кластерный подход в управлении региональным развитием и его реализация на примере кластера вторичных ресурсов Самарской области // Вестник Самарского экономического университета. 2014. № 114. С. 38-42.
4. Васильев А.В. Особенности обращения с отходами в условиях урбанизированных территорий // Академический журнал Западной Сибири. 2015. Т. 11. № 1. С. 111.
5. Обращение с опасными отходами: учеб. пособие / В. М. Гарин и др.; под ред. В. М. Гарина и Г. Н. Соколовой. - М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. - 224 с.
6. Карабасов Ю.С., Чижикова В.М. Экология и управление: Учебник для вузов. – М.: МИСИС, 2006. – 712 с.
7. Розенберг Г.С., Кудинова Г.Э., Васильев А.В., Хамидулова Л.Р., Сажнёв В.А., Шиманчик И.П. Социальная ответственность в интересах устойчивого развития // Экология и промышленность России. 2012. № 6. С. 32-37.
8. Vasilyev A.V. Classification and reduction of negative impact of waste of oil-gas industry. Proc. of World Heritage and Degradation. Smart Design, Planning and Technologies Le Vie Dei Mercanti. XIV Forum Internazionale di Studi. 2016. Pp. 101-107.

DETERMINATION OF MORPHOLOGICAL COMPOSITION OF SOLID DOMESTIC WASTE AND OF DEGREE OF IT TOXICITY IN CONDITIONS OF SAMARA REGION OF RUSSIA

© 2020 A.V. Vasilyev¹, A.F. Kondratyev²

¹ Samara Federal Research Center of Russian Academy of Science

² Samara State Technical University, Samara, Russia

On the example of Samara region of Russia peculiarities of determination of morphological composition of solid domestic waste and results of determination of degree of it toxicity are described. It is shown that in morphological composition of waste there is a predominance of food waste. Determination of degree of toxicity of waste is showing that solid domestic wastes are toxic and having 4 class of degree. Therefore it is necessary its recycling and treatment.

Keywords: waste management, solid domestic waste, morphological composition, toxicity, determination.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-2-51-54

Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Science, Professor, Head at the Engineering Ecology and of Ecological Monitoring Department of Samara Federal Research center of RAS. E-mail: avassil62@mail.ru

Aleksey Kondratyev, Postgraduate Student of the Department «Chemical Technology and Industrial Ecology» E-mail: ecology@samgtu.ru