

УДК 502.05

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-5-69-77

Мамаджанов Р.Х., Латушкина Е.Н.*Российский Университет Дружбы Народов, г. Москва*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ПОВЕРХНОСТИ СВАЛОЧНОЙ ТОЛЩИ ПОЛИГОНОВ ТБО ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ*

Аннотация. В работе представлены результаты термосъемки свалочных тел полигонов ТБО ГУП «Андреевская долина» и МУП «Вторсырье», расположенных вблизи г. Грозный Чеченской Республики, описаны физические параметры этих полигонов, такие, как мощность полигона, мощность слоя незасыпанных отходов, период складирования отходов. По результатам термосъемки полигонов выявлены зоны с максимальными и минимальными значениями температуры в поверхностном слое свалочной толщи. На основе измеренных географических координат, физических характеристик свалочных тел и термических данных построены графические объемные модели свалочных тел, охарактеризовано состояние тел полигонов по показателю температуры поверхностного слоя свалочной толщи, даны рекомендации по практическому применению разработанного подхода.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы (ТБО), свалочное тело, моделирование, температурные измерения, Чеченская Республика.

R. Mamadzhanov, E. Latushkina*Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russia)*

MODELING OF THE PROCESSES OF TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE SURFACE LAYER OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS IN THE CHECHEN REPUBLIC

Abstract. We present the results of thermal imaging of two municipal solid waste (MSW) landfills, i.e. "Andreevskaya valley" and "Secondary raw materials", which are located near the city of Grozny of the Chechen Republic. We describe the following physical parameters of these MSW landfills: capacity of the MSW landfill, capacity of the layer of open wastes, and the period of waste storage. Using the results of thermal imaging we have identified zones with maximal and minimal values of the temperature in the thickness of the surface layer of the landfills. On the basis of the measured geographic coordinates and thermal imager data we have constructed a 3D model of the landfill bodies. The characteristics of the bodies of MSW landfills are presented in terms of the temperature of the surface layer thickness of the landfill. The recommendations on the practical application of the developed approach are given.

Key words: municipal solid waste landfill, landfill body, modeling, temperature measurements, Chechen Republic.

© Мамаджанов Р.Х., Латушкина Е.Н., 2015.

* Работа была проведена при информационной поддержке Министерства ЖКХ Чеченской Республики, Администрации г. Грозного, КНИИ РАН им. Ибрагимова г. Грозный, Департамента ЖКХиБ Правительства Москвы.

Полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) являются основным местом складирования, захоронения или утилизации твердых бытовых отходов [3; 5]. Потребность в таких местах захоронения продиктована необходимостью размещения возрастающих в геометрической прогрессии объемов отходов продуктов производства и потребления. В современном обществе, с одной стороны, декларируется необходимость переработки отходов и внедрения новых технологий в этой области, с другой – наличие организационных, экономических и юридических трудностей, возникающих при практической реализации уже имеющихся технологий, не позволяет одновременно отказаться от использования действующих полигонов ТБО.

Функционирование полигонов ТБО сопряжено с процессами разложения отходов, их механической, химической и биологической деструкции. В результате разложения органической части отходов происходит образование биогаза и выделение теплоты. Макроэлементом биогаза является горючий и взрывоопасный метан. Выделяемая теплота приводит к разогреву свалочного тела, и при наличии метана происходит самовозгорание свалочных толщ [4; 7]. При термическом окислении отходов в атмосферный воздух начинают поступать продукты горения. Они с воздушными потоками поступают в жилые районы и негативно влияют на здоровье жителей расположенных вблизи населенных пунктов. Тушение таких очагов горения затруднительно и опасно. Для предотвращения возгорания отходов на полигонах необходимо осуществлять мониторинг пожароопасной ситуации посредством измерения температуры свалочного

тела, отслеживания потенциальных очагов возгорания и предотвращение горения на начальной стадии [5].

В этой связи видится актуальным по полевым данным строить температурные модели свалочных тел и отслеживать динамику температуры тел полигонов ТБО. Целью работы явилось построение таких моделей и решение задач:

- характеристики свалочных тел по физическим параметрам и построения их трехмерных моделей;
- выявления особенности изменения температуры в поверхностном слое свалочной толщи;
- определения роли температуры в общей совокупности физических параметров свалочных тел;
- построения двумерных моделей изменения температуры свалочных тел;
- рекомендаций по практическому применению разработанного подхода.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в июне 2015 г. на полигонах ТБО, расположенных в 3,5 км северо-западнее от г. Грозный Республики Чечня. От пос. Андреевская долина полигон ТБО ГУП «Андреевская долина» размещен на расстоянии 1,1 км, МУП «Вторсырье» – 350 м.

Физические параметры свалочных тел определялись по сопроводительной документации полигонов и замеров рулеткой. Значения широты, долготы и высоты над уровнем моря равномерно удаленных друг от друга участков свалочной толщи были получены в режиме онлайн с помощью компьютерной программы «Google Планета Земля». Трехмерные модели свалочных тел и плоскостные модели изменения температуры тел полигонов

строились в компьютерной программе Surfer v. 9.8 (2009). Термосъемка на полигонах осуществлялась с помощью тепловизора модели SDS HOTFIND. Измерения температуры проводились в строгом соответствии с нормативными требованиями¹.

Участки опробования выделяли по квадратной сетке. Их разделили на блоки, размещенные на разных высотах. Точки опробования выбирали согласно критериям: 1) пешая доступность участков для проведения замеров с учетом геометрической формы и рельефа поверхности свалочного тела, 2) относительно равная площадь исследуемых зон, 3) необходимость охва-

та участков, расположенных на разных высотах, 4) время и соответственно высота складирования отходов, 5) получение данных, характеризующих центральную и периферийные (склоновые) области свалочного тела.

С учетом этих критериев изучаемые полигоны были условно разделены на три зоны каждый (табл. 1, рис. 1), внутри которых было выделено по восемь площадок (квадратов) площадью по 25 м². Далее на каждой площадке было намечено по 21-й контрольной точке с шагом метр. Всего на каждом полигоне было выделено по 504 точки для проведения замеров.

Таблица 1

Распределение участков опробования по высотам свалочных тел полигонов ТБО Чеченской Республики

Полигоны ТБО	Высоты свалочного тела		
	Зона I	Зона II	Зона III
«Андреевская долина»	до 10 м	от 10 до 20 м	от 20 до 30 м
«Вторсырьё»	до 5 м	от 5 до 10 м	от 10 до 15 м

Иерархический кластерный анализ [1; 2] применялся для выявления однотипных групп (кластеров) участков опробования по признакам температуры, мощности свалочного тела на участке опробования и мощности отходов, выходящих на поверхность свалочного тела, и установления основополагающего признака, определяющего структуру агломерации точек опробования. Кластерный анализ выполнялся по агломе-

ративному алгоритму методом «ближайшего соседа» на основании величины обобщенного расстояния между группами переменных. В качестве критерия классификации было принято расстояние Пирсона. Оптимальное количество формируемых кластеров устанавливалось по критерию Элбоу.

Результаты и их обсуждение

Характеристика свалочных тел полигонов по основным физическим параметрам. Полигон ТБО ГУП «Андреевская долина» занимает площадь 62 га, полигон МУП «Вторсырьё» – 13 га. «Архангельская долина» функционирует 5 лет. Период эксплуатации поли-

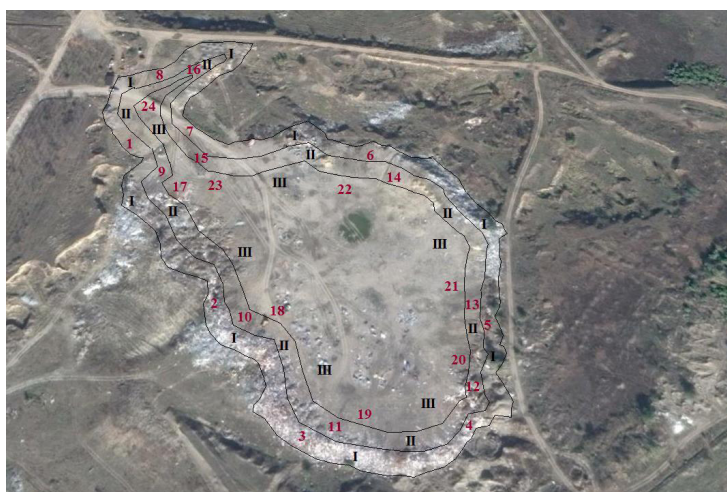
¹См.: [ГОСТ 26629-85] «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций»; [МУ 2.1.7.730-99] «Гигиеническая оценка качества почвы, населенных мест»; [РД 153-34.0-20.364-00] «Методика инфракрасной диагностики тепломеханического оборудования».

гона «Вторсырье» – 4 года. Мощность свалочного тела ГУП «Андреевская долина» изменяется в пределах 30 м, его подошва расположена на уровне 200 м над уровнем моря, кровля – 230 м. Мощность тела полигона МУП «Вторсырье» составляет 15 м и изменяется в пределах 180-205 м над уровнем моря. Мощность незасыпанных отходов на

обоих полигонах равняется метру, возрастом до полугода. Площадь территории, занятой открыто размещенными отходами на полигоне «Андреевская долина», составляет 64% на полигоне МУП «Вторсырье» – 75%. Остальная часть поверхности свалочных тел рекультивирована – засыпана грунтом или слоем строительных отходов [6].



а) полигон ТБО ГУП «Андреевская долина»



б) полигон ТБО МУП «Вторсырье»

Рис. 1. Схема участков измерения температуры на полигонах ТБО

Прим.: I-III – зоны на полигоне; 1 ... 24 – площадки (квадраты) для отбора проб.

Особенности изменения температуры в поверхностном слое свалочной толщи. На полигоне ТБО ГУП «Архангельская долина» температура изменяется в пределах 30-41°C, МУП «Вторсырье» – 33-58°C. Свалочное тело МУП «Вторсырье» разогрето на 10°C больше, чем тело ГУП «Архангельская долина». Средняя температура свалочной толщи ГУП «Архангельская долина» 34,5°C, МУП «Вторсырье» – 44°C. Значения температуры зависят от процесса физико-химической деструкции органических компонентов отходов, сопровождающейся выделением тепловой энергии, внешними условиями, среди которых: температура атмосферного воздуха, влажность, скорость ветра, количество солнечных дней и т.д. Учитывая то, что оба полигона расположены на территории с одинаковыми внешними или погодными условиями, можно с высокой долей вероятности считать, что основным фактором, определяющим температурные

параметры свалочного тела, являются стадии биохимического разложения органических компонентов отходов, от преобладания которых зависит средняя температура свалочных тел.

Температура свалочного тела как индикатор его состояния. Предположим, что температура поверхностного слоя свалочной толщи является индикатором состояния объектов размещения отходов. Для проверки этого предположения воспользуемся методом многомерной математической статистики – иерархическим кластерным анализом. Кластеризация основных физических показателей свалочных тел позволила выделить три индивидуальных кластера, которые были последовательно объединены в составной кластер (табл. 2). По полученным данным построены дендрограммы, характеризующие процесс кластеризации показателей температуры и мощности свалочных тел (рис. 2).

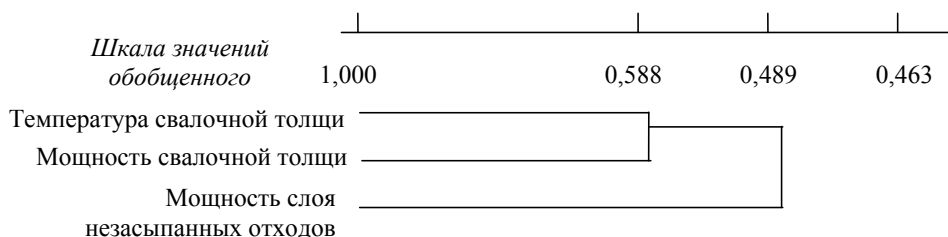
Таблица 2

Этапы объединения индивидуальных кластеров в составной

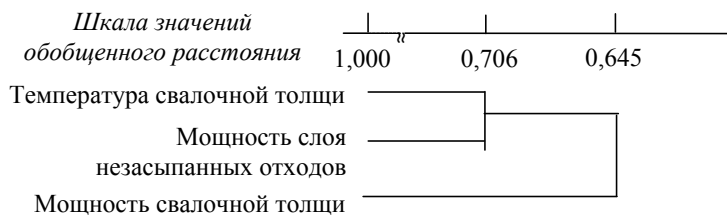
Этап	Объединяемые кластеры		Расстояние Пирсона
	Кластер 1	Кластер 2	
<i>Полигон ТБО ГУП «Андреевская долина»</i>			
1	Температура свалочной толщи	Мощность свалочной толщи	0,588
2	Мощность свалочной толщи	Мощность слоя незасыпанных отходов	0,489
3	Температура свалочной толщи	Мощность слоя незасыпанных отходов	0,463
<i>Полигон ТБО МУП «Вторсырье»</i>			
1	Температура свалочной толщи	Мощность слоя незасыпанных отходов	0,706
2	Мощность свалочной толщи	Мощность слоя незасыпанных отходов	0,645
3	Температура свалочной толщи	Мощность свалочной толщи	0,573

Ключевым или базовым показателем является показатель температуры свалочного тела, который, с одной стороны, зависит от мощности и морфологической структуры отходов;

процессов, протекающих в свалочном теле; окружающей среды, влияющей на свалочное тело; с другой – является индикатором состояния свалочного тела.



а) полигон ТБО ГУП «Андреевская долина»



б) полигон ТБО МУП «Вторсырье»

Рис. 2. Дендрограмма процесса кластеризации физических показателей свалочных тел полигонов ТБО

Моделирование распределения температуры в поверхностном слое свалочных тел. Для визуализации пространственной неоднородности свалочных тел и распределения температуры во внешнем слое свалочных тел построим трехмерные модели полигонов ТБО и достроим к ним плоскостные модели изолиний изменения температуры. На изолиниях жирными линиями отметим границы температурных полей, интенсивностью цвета отразим изменения температуры поверхностного слоя свалочного тела (рис. 3).

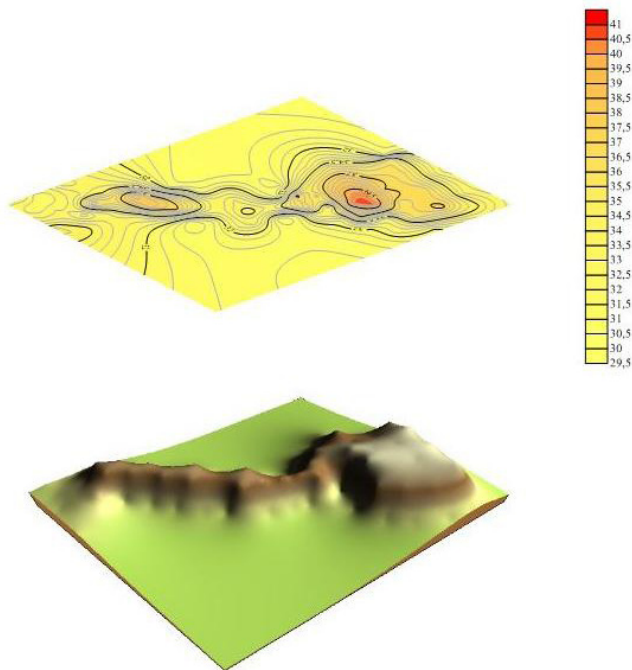
Полигон ТБО ГУП «Андреевская долина» разделен на три зоны (рис 3а).

В I-ой зоне на высоте до 10 м (квадраты с 1-ый по 8-ой) температура варьирует от 30 до 34°C. Температура на данном участке практически не отличается от температуры почвы на прилегающей территории, которая составляла на период измерений 27°C. На рассматриваемом участке поверхность тела полностью покрыта отходами строительства и сноса. Зона II расположена на высоте от 10 до 20 м, с квадратами отбора проб 9-16. Температура здесь изменяется от 30°C до 40°C (квадрат 15, северная часть полигона). На протяжении всей второй зоны можно встретить незасыпанные участки отходов. Мощ-

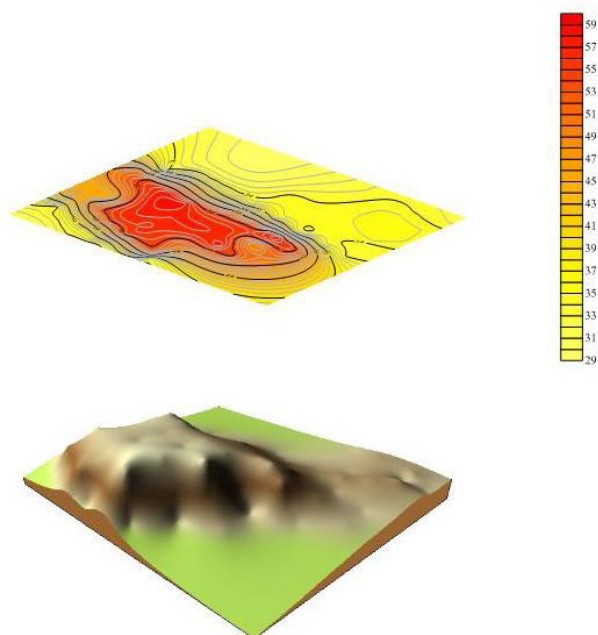
ность их слоя колеблется от 10 до 30 см. Зона III расположена на высоте 20-30 м (квадраты отбора проб с 17-го по 24-ый). Максимальная температура здесь 41°C. Она была зафиксирована в южной части полигона (квадрат 19) на участке с мощностью слоя незасыпанных отходов 0,5 м и временем складирования не более нескольких месяцев.

Для полигона МУП «Вторсырьё» (рис. 3б) характерны максимальные значения температуры поверхностного слоя свалочного тела. I-ая зона полигона расположена на высоте до 5 м, площадь территории покрыта незасыпанными отходами на 52% при мощности слоя этих отходов 10-30 см. Температура в исследуемой зоне (квадрат 1-8) варьирует в пределах от 33,1°C до 45,4°C. Время с момента последнего складирования отходов составляет

около месяца. II-ая зона расположена на высоте 5-10 м (квадраты 9-16). Видно, что площадь территории практически полностью занята отходами (незасыпанными) с мощностью слоя 30 см. Температура здесь изменяется от 45 до 58°C. Максимальная температура фиксировалась в 13-16 квадратах отбора проб. III-я зона находится на высоте 10-15 м, более 70% территории покрыто незасыпанными отходами. Оставшаяся часть территории – подъездная дорога и небольшие участки, покрытые растительностью. Мощность слоя незасыпанных отходов составляет 0,5-1 м. Максимальная температура была зафиксирована в квадратах 17, 19 и 20. Она равнялась 58,1°C. Время с момента последнего складирования отходов во II-ой и III-й зонах – не более 10-ти дней.



а) полигон ТБО ГУП «Андреевская долина»



б) полигон ТБО МУП «Вторсырьё»

Рис. 3. Модели распределения температуры в поверхностном слое свалочной толщи полигонов ТБО

В заключение отметим, что полученные модели могут быть использованы в качестве реперов для последующего сопоставления температурных данных и принятия мер по снижению уровня пожароопасности. Кроме того, необходимо данный подход внедрить в практику производственного экологического контроля, который в настоящее время не предполагает мониторинг свалочных тел по показателю температуры. В качестве рекомендаций по снижению температуры в потенциальных местах самовозгорания предлагается проводить изолирование поверхности свалочного грунта повышенной температуры с помощью глинистых материалов, например, техногенных илов, взятых со дна рек урбанизированных территорий.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Выханду Л.К. Об исследовании многопризнаковых биологических систем // Применение математических методов в биологии (выпуск 3) / отв. ред. П.В. Терентьев. – Л.: ЛГУ, 1964. – С. 19-22.
2. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 345 с.
3. Королев В.А. Полигоны ТБО: есть ли альтернатива? // Инженерная геология. – 2010. – № 1. – С. 46-56.
4. Латушкина Е.Н., Бичелдей Т.К. Биогаз с полигонов твердых бытовых отходов как экологический фактор воздействия на популяцию человека. – М.: РУДН, 2010. – 195 с.
5. Мишланова М.Ю. Термодинамическая модель техногенного массива ТБО // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования в

- развитии экосистем: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. [Ч. 1]. – М.: МГУП, – 2006. – С. 300-305.
6. Мостовой Ю.М. Формирование региональной комплексной системы управления отходами и вторичными материальными ресурсами Чеченской республики [Т. 2]. – Краснодар: ООО «Северокавказский институт экологического проектирования», 2009. – 163 с.
7. Мурашов В.Е. Технологический процесс и оборудование для аэрации несанкционированных свалок и полигонов твердых бытовых отходов Московской области: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2002. – 24 с.