

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ СВАЛОЧНОЙ ТОЛЩИ ПОЛИГОНОВ ТБО ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ И МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Р.Х. Мамаджанов, Е.Н. Латушкина

Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

Приведены результаты исследования особенностей распределения температуры в поверхностном слое свалочной толщи полигонов ТБО Чеченской Республики и Московской области, изучена роль температуры поверхностного слоя свалочного тела в биохимических процессах разложения органической составляющей, исследована зависимость температуры поверхностного слоя свалочной толщи от физических параметров свалочных тел полигонов, таких как мощность слоя незасыпанных отходов и мощность свалочного тела, построены 3D модели свалочных тел полигонов ТБО ГУП «Андреевская долина», МУП «Вторсырье» и «Хметьево». Выявлены потенциально опасные зоны с точки зрения непроизвольного самовозгорания и предложен комплекс мер по их ликвидации.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы (ТБО), полигоны ТБО, захоронение отходов на полигонах тепловизор, тепловизионное обследование полигонов ТБО, поверхностный слой свалочного тела, физические параметры полигонов ТБО

Актуальность работы заключается в обосновании необходимости проведения производственно-экологического мониторинга на полигонах ТБО с целью измерения температуры в поверхностном слое свалочной толщи, а также поиска аномальных зон, потенциально подверженных непроизвольному самовозгоранию.

При проведении тепловизионных исследований руководствовались следующими нормативно-правовыми документами и методическими рекомендациями: ГОСТ 26629-85 [1], РД 153-34.0-20.364-00 [4] и МУ 2.1.7.730-99 [3]. Предложенный комплекс мер по ликвидации опасных с точки зрения непроизвольного самовозгорания зон подготовлен на основании действующей Инструкции [2].

Исследования проводились на территории трех полигонов твердых бытовых отходов: полигонах ГУП «Андреевская долина» и МУП «Вторсырье» (Чеченская Республика) 17 июня 2015 г., и «Хметьево» (Московская область) 10 марта 2015 г.

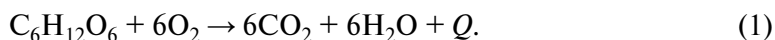
Кратко охарактеризуем месторасположение исследуемых полигонов. Полигон ГУП «Андреевская долина» площадью 62 га расположен на расстоянии 1,1 км по

направлению к северу от поселка Андреевская долина и 3,3 км северо-западнее г. Грозный. Полигон ТБО МУП «Вторсырье» расположен в 530 м от п. Андреевская долина и в 3,5 км от г. Грозный. Полигон «Хметьево» расположен в 65 км от г. Москвы, вблизи д. Хметьево, недалеко от г. Солнечногорск. Полигон был образован в 1984 г. на месте выработанного карьера гравийно-песчанного месторождения. Площадь полигона составляет 79,4 га.

Твердые бытовые отходы, поступающие на полигон, состоят в основном на 70—80% из органических компонентов, большинство из которых разлагается в результате химических и биохимических процессов [5].

Разложение органических и неорганических веществ происходит с выделением энергии [6]. М.Ю. Мишланова представляет полигон ТБО как термодинамическую систему «антропогенный объект полигон ТБО — окружающая среда», включает в себя аэробную зону, анаэробную зону и прилегающий почвенный покров [8].

В аэробной зоне происходит процесс разложения органических веществ аэробными бактериями в присутствии кислорода воздуха:



Температура в поверхностном слое свалочной толщи может достигать 90 °С, что приводит к непроизвольному самовозгоранию отходов [7].

В анаэробной зоне наблюдается остывание процессов разложения органических веществ до 35 °С (характерно для вышедших из эксплуатации полигонов) [10].

Некоторые исследователи выделяют два вида горения: открытое горение отходов — происходит на открытых, не засыпанных грунтом участках полигонов; закрытое горение — горение отходов происходит на засыпанных участках, на глубине более 1,5 м, с выделением метана, диоксида углерода; отмечается, что риск возникновения пожаров возможен только в первые годы эксплуатации [11].

Обследование одного из подмосковных полигонов показало, что в результате деятельности аэробных бактерий в свалочной толще температура поверхностного слоя изменяется от 50 до 100 °С, вызывая непроизвольное самовозгорание поверхностного слоя свалочного тела [9]. На основании вышеизложенного можно сказать, что температура поверхностного слоя свалочного тела играет важную роль в биохимических процессах разложения органической составляющей.

В приведенных выше исследованиях отмечается, что температура поверхностного слоя свалочной толщи изменяется в зависимости от биохимических процессов, протекающих в свалочной толще. Мы, в свою очередь, уделим внимание процессу изменения температуры в поверхностном слое свалочной толщи в зависимости от физических параметров свалочной толщи.

Основываясь на трудах ученых в этой области, а также на результатах собственных исследований, выдвинем гипотезу о том, что температура поверхностного слоя свалочной толщи распределяется в зависимости от физических параметров свалочных тел полигонов.

Для подтверждения этой гипотезы охарактеризуем свалочные тела исследуемых полигонов по физическим параметрам: мощности свалочной толщи, высоты свалочной толщи над уровнем моря, мощности выходящих на поверхность свалочной толщи отходов, площади незасыпанных грунтом отходов, образующих поверхность тел полигонов, времени (периода) складирования отходов.

В таблице 1 приведены физические параметры полигонов ТБО ГУП «Андреевская долина» МУП «Вторсырье» и «Хметьево».

Таблица 1

Физические параметры полигонов ТБО ГУП «Андреевская долина», МУП «Вторсырье» и «Хметьево»

Мощность свалочной толщи	Мощность незасыпанных отходов	Время или период складирования отходов
Полигон ТБО ГУП «Андреевская долина»		
30 м	от 0 до 1 м	от 6 мес. до 5 лет
Полигон ТБО МУП «Вторсырье»		
15 м	от 0 до 1 м	от 3 мес. до 4 лет
Полигон ТБО «Хметьево»		
35 м	от 0 до 1,5 м	от 1 года до 20 лет

По значениям географических координат и высот свалочных тел были построены трехмерные или 3D модели тел полигонов ТБО «Андреевская долина», «Вторсырье» и «Хметьево» (рис. 1).

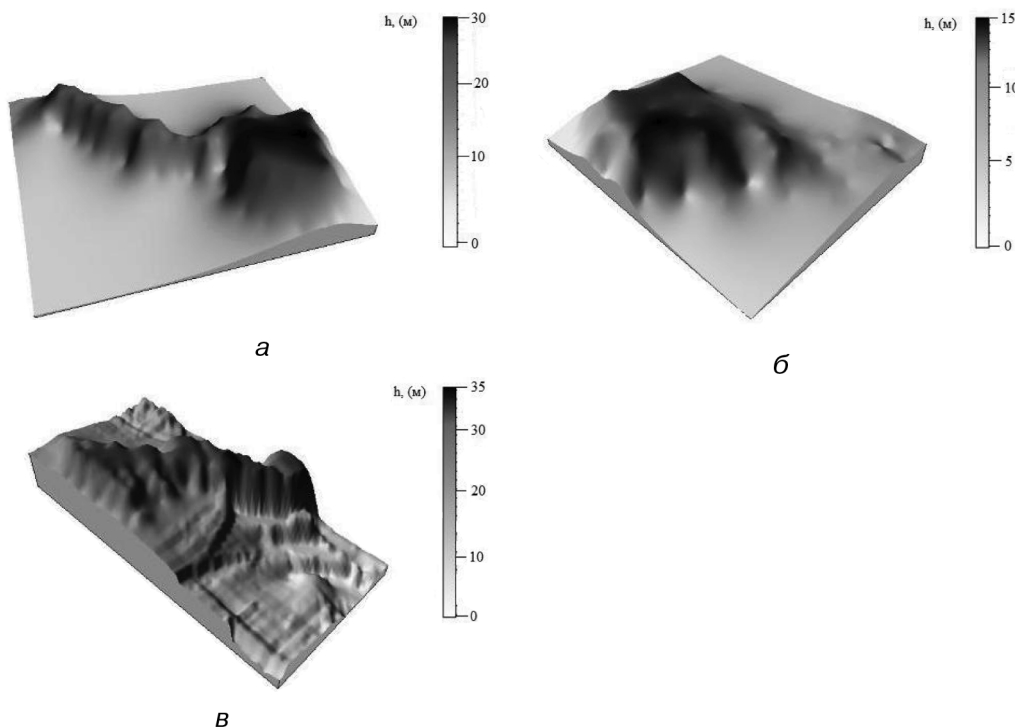


Рис. 1. Трехмерные модели свалочных тел полигонов твердых бытовых отходов Чеченской Республики и Московской области: а — полигон ТБО ГУП «Андреевская долина»; б — полигон ТБО МУП «Вторсырье»; в — полигон ТБО «Хметьево»

Из представленных на рис. 1 полигонов самым молодым является полигон МУП «Вторсырье». Его возраст составляет 4 года. Возраст полигона ГУП «Андреевская долина» — 5 лет, полигона «Хметьево» — 30 лет.

Анализ трехмерных моделей и основных физических параметров свалочных тел позволяет заключить, что полигон ТБО «Хметьево» является самым крупным из рассматриваемых. Он больше по массе захороненных отходов, площади основания и высоте свалочной толщи, чем другие полигоны.

Рассмотрим особенности распределения температуры в поверхностном слое свалочной толщи. Замеры температуры проведем с помощью тепловизора модели SDS HOTFIND (1).

В каждой из исследуемых зон было выделено по восемь пробных площадок (квадратов) площадью 25 м^2 каждая. По три пробные площадки на передней и задней плоскости полигона в его центральной части, и по одной площадке на периферийных частях (рис. 1–3). На полигонах Чеченской Республики всего было выделено 24 пробные площадки, на полигоне Московской области — 32 пробные площадки. На каждой площадке было отмечено по 20 контрольных точек по периметру с шагом в 1 м и одна контрольная точка в центре. На полигонах Чеченской Республики было выделено 504 контрольные точки, на полигоне Московской области — 672 точки.

Полученные значения температуры по каждому полигону будем расценивать как три независимых вариационных ряда. Эти ряды подвергнем математико-статистической обработке. Результаты вычислений представим в табл. 2.

Таблица 2

Основные статистические показатели по температуре поверхностного слоя свалочной толщи полигонов ТБО ГУП «Андреевская долина», МУП «Вторсырье», «Хметьево»

Статистический показатель	Температура на полигонах ТБО, °С		
	ГУП «Андреевская долина»	МУП «Вторсырье»	«Хметьево»
Среднее (\bar{X})	34,5	44	13,4
Стандартная ошибка (m)	0,14	0,36	0,12
Минимум (\min)	30,1	33	6,8
Максимум (\max)	41	58,1	18,5
Размах (R)	10,7	25,1	11,5
Мода (M_o)	32,3	47,1	10,8
Медиана (M_e)	33,3	45,7	12,1
Стандартное отклонение (σ)	3,07	8,08	3,03
Дисперсия выборки (S^2_n)	9,4	65,4	9,2
Эксцесс (E_x)	-0,75	-1,3	-1,2
Асимметричность (A_s)	0,8	0,15	0,3

Из таблицы 2 видно, что стандартная ошибка (m) во всех случаях существенно меньше среднего арифметического (\bar{X}). Это указывает на репрезентативность выборки и, значит, достаточное количество точек опробования для получения достоверных результатов.

Максимальные значения температуры на полигонах Чеченской Республики на 23–40 °С выше, чем на полигоне Московской области (см. табл. 2).



а



б



в

Рис. 2. Распределение значений температуры в поверхностном слое свалочных тел полигонов ТБО: а — полигон ТБО ГУП «Андреевская долина»; б — полигон ТБО МУП «Вторсырье»; в — полигон ТБО «Хметьево»

Максимальная температура на полигоне ГУП «Андреевская долина» составила 41 °С на высоте 30 м при мощности слоя незасыпанных отходов 0,5 м; на полигоне МУП «Вторсырье» — +58 °С на высоте 15 м при мощности незасыпанных отходов 0,5 м; на полигоне «Хметьево» — +18,5 °С на высоте 35 м с мощностью незасыпанных отходов 1,5 м, т.е. максимальные значения температуры характерны для участков с открыто расположенными отходами, а не засыпанными грунтом. Это говорит о наличии физико-химических процессов, протекающих в присутствии кислорода и сопровождающихся выходом тепла.

Построим кривые распределения температур в поверхностном слое свалочных тел. Для этого воспользуемся техникой построения интервального ряда. Результаты представим в виде графиков распределения температуры в поверхностном слое тел полигонов (рис. 2).

Из рисунка 2 видно, что на полигоне ГУП «Андреевская долина» максимальное количество измерений было отмечено при температуре поверхностного слоя свалочного тела от 32,3 до 33,0 °С, на полигоне МУП «Вторсырье» было отмечено два температурных скачка — первый от 35,8—37,3 °С, второй — в пределах 45,4—46,9 °С, на полигоне «Хметьево» — в промежутке от 10,2 до 11,3 °С.

На всех полигонах максимальная температура была зафиксирована на вершинах тел, у подошвы полигонов температура опускалась до минимума.

Чтобы описать характер взаимосвязи между температурой поверхностного слоя свалочной толщ и физическими параметрами (мощности отходов и мощность свалочного тела), воспользуемся корреляционным анализом. Коэффициенты корреляции вычислим по формуле Браве — Пирсона с помощью компьютерной программы SPSS Statistica 17.0. Результаты вычислений приведем в табл. 3.

Таблица 3

Корреляционная взаимосвязь показателей, характеризующих температуру поверхностного слоя свалочной толщ и мощность отходов на полигоне ТБО ГУП «Андреевская долина»

Показатель	Температура	Мощность слоя незасыпанных отходов	Мощность свалочного тела
Полигон ТБО ГУП «Андреевская долина»			
Температура	1,0		
Мощность слоя незасыпанных отходов	0,5	1,0	
Мощность свалочного тела	0,6*	0,5	1,0
Полигон ТБО МУП «Вторсырье»			
Температура	1,0		
Мощность слоя незасыпанных отходов	0,7*	1,0	
Мощность свалочного тела	0,6*	0,6*	1,0
Полигон ТБО «Хметьево»			
Температура	1,0		
Мощность слоя незасыпанных отходов	0,6*	1,0	
Мощность свалочного тела	0,6*	0,6*	1,0

* Существенно значимые коэффициенты корреляции

В результате корреляционного анализа было установлено, что температура поверхностного слоя свалочной толщи полигона зависит от таких показателей, как мощность самого полигона и мощность слоя незасыпанных отходов.

Изучив особенности распределения температуры в поверхностном слое свалочной толщи, а также определив характер взаимосвязи между температурой поверхностного слоя свалочной толщи и физическими параметрами (мощности отходов и мощность свалочного тела), выявим зоны, потенциально опасные с точки зрения непроизвольного самовозгорания.

На полигоне ГУП «Андреевская долина» это третья исследуемая зона (квадраты отбора проб с 19 по 21), температура здесь составила 41 °С на высоте 30 м при мощности слоя незасыпанных отходов 0,5 м. На полигоне МУП «Вторсырье» это вторая и третья исследуемые зоны (квадраты отбора проб с 9 по 11, и с 17 по 19), максимальная температура достигала +58 °С на высоте 15 м при мощности незасыпанных отходов 0,5 м; на полигоне «Хметьево» это четвертая зона (квадраты отбора проб 25, 26,30 и 31), максимальная температура составила — +18,5 °С на высоте 35 м с мощностью незасыпанных отходов 1,5 м.

В заключение отметим, что на всех полигонах максимальная температура была зафиксирована на вершинах тел, у подошвы полигонов температура опускалась до минимума.

Комплекс мер по ликвидации опасных с точки зрения непроизвольного самовозгорания зон включает в себя покрытие изоляционным материалом из геотекстильной мембраны (используется на полигоне «Хметьево») и подстилающим слоем грунта и других материалов.

В качестве подстилающего слоя на полигоне ГУП «Андреевская долина» предлагается использовать смесь из песка, битума и грунта. На полигоне МУП «Вторсырье» предлагается использовать смесь из плотных суглинков и глины с коэффициентом фильтрации не более 10^{-3} м/с. На полигоне «Хметьево» в качестве подстилающего слоя используют смесь грунта и продукты механобиологической переработки отходов (положительный опыт Пермской области).

За помощь, оказанную при проведении исследований и подготовке статьи, автор выражает искреннюю благодарность сотрудникам КНИИ РАН им. Ибрагимова Чеченской Республики, Министерства ЖКХ Чеченской Республики, мэрии г. Грозного и департамента ЖКХиБ правительства Москвы.

ПРИМЕЧАНИЕ

(1) Внесен в Госреестр средств измерений РФ № 37131-08.

ЛИТЕРАТУРА

[1] ГОСТ 26629-85. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. URL: <http://www.thermview.ru/pdf/gost26629-85.pdf> (дата обращения 06.04.15).

- [2] Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. Утв. Министерством строительства РФ 2 ноября 1996 г. URL: www.consultant.ru (дата обращения 07.04.15).
- [3] МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы. населенных мест. Методические указания (утв. Минздравом России 7 февраля 1999 г.). URL: www.consultant.ru (дата обращения 07.04.15).
- [4] РД 153-34.0-20.364-00. Методика инфракрасной диагностики тепломеханического оборудования. URL: www.consultant.ru (дата обращения 07.04.15).
- [5] *Латушкина Е.Н.* Биогаз с полигонов твердых бытовых отходов как экологический фактор воздействия на популяцию человека: монография / Е.Н. Латушкина, Т.К. Бичелдей. М.: Изд-во РУДН, 2010. 195 с.
- [6] *Мальшевский А.Ф.* Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов в городах России / А.Ф. Мальшевский, В.В. Хабиров. М.: ИФЗ РАН, 2012. 64 с.
- [7] *Мамаджанов Р.Х., Латушкина Е.Н.* Экологические воздействия полигонов ТБО и мусоросжигательных заводов на окружающую природную среду: сравнительный анализ // Материалы конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования 2013»: Сб. науч. трудов. Вып. 16. М., 2014. С. 399.
- [8] *Мишланова М.Ю.* Термодинамическая модель техногенного массива ТБО // Материалы Международной научно-практической конференции «Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования в развитии экосистем». Ч. 1. М., 2006. С. 300—305.
- [9] *Мурашов В.Е.* Технологический процесс и оборудование для аэрации несанкционированных свалочек и полигонов твердых бытовых отходов Московской области: дисс. ... канд. техн. наук государственный университет инженерной экологии. М., 2002. 117 с.
- [10] *Слюсарь Н.Н., Загорская Ю.М.* Современные подходы к рекультивации свалок и полигонов захоронения твердых бытовых отходов // Вестник ПНИПУ. Сер. Урбанистика. 2012. № 4. С. 84—90.
- [11] *Ягафарова Г.Г., Насырова Л.А., Шаимова А.М.* Разработка матрицы прогнозирования выходы метана в составе биогаза из твердых бытовых отходов // Башкирский химический журнал. 2007. № 5. Том 14. С. 31—34.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS DISTRIBUTION IN THE UPPER LAYER OF THE MSW LANDFILL SITES IN THE CHECHEN REPUBLIC AND MOSCOW REGION

R.Kh. Mamajanov, E.N. Latushkina

Ecology Faculty
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 115093

The article considers the characteristics of temperature distribution in the surface layer of landfills in the Chechen Republic and Moscow region; the important role of surface temperature in the landfill in biochemical processes of decomposition of organic components; the dependence of the surface layer temperature of the landfill on physical parameters of the landfill, such as: layer thickness of open waste

sites and thickness of landfills. Moreover the 3D model of landfills SUE “St. Andrew’s Valley” MUE “Recycle materials” and “Hmetevo” was developed. Potentially dangerous areas in terms of spontaneous combustion were determined, and a series of measures to eliminate them was described.

Key words: municipal solid waste (MSW) landfills, MSW landfills imager, temperature imaging monitoring of MSW landfills, surface layer of the MSW landfill, physical parameters of MSW landfills

REFERENCES

- [1] GOST 26629-85. Zdanija i sooruzhenija. Metod teplovizionnogo kontrolja kachestva teploizoljaccii ogpazhdajushhih konstrukcij [State Standard 26629-85 — Buildings. The method of thermal insulation quality control protects designs]. [Electronic resource]: <http://www.thermview.ru/pdf/gost26629-85.pdf> (Date treatment 04/06/15).
- [2] Instrukcija po proektirovaniju, jekspluatácii i rekul'tivaccii poligonov dlja tverdyh bytovyh othodov [Instructions for the design, operation, and reclamation of landfills for solid waste]. [Electronic resource]: www.consultant.ru (Date treatment 04/07/15).
- [3] Gigienicheskaja ocenka kachestva pochvy. naselennyh mest. [Methodological guidelines 2.1.7.730-99. Hygienic assessment of the quality of soil populated areas]. [Electronic resource]: www.consultant.ru (Date treatment 04/07/15).
- [4] RD 153-34.0-20.364-00. Metodika infrakrasnoj diagnostiki teplomehanicheskogo oborudovanija [Methodological guidelines 153-34.0-20.364-00. Method of infrared diagnostics of thermal mechanical equipment]. [Electronic resource]: www.consultant.ru (Date treatment 04/07/15).
- [5] Latushkina E.N. Biogaz s poligonov tverdyh bytovyh othodov kak jekologicheskij faktor vozdeystvija na populjacciju cheloveka: monografija / E.N. Latushkina, T.K. Bicheldej. [Biogas from landfills as the environmental impacts on human populations: monograph / E.N. Latushkina, T.K. Bicheldej]. M.: Izd-vo RUDN, 2010. 195 s. [Moscow: Publishing House of the Peoples' Friendship University of Russia] 2010. 195 p.
- [6] Malyshevskij A.F. Obosnovanie vybora optimal'nogo sposoba obezvrezhivaniya tverdyh bytovyh othodov v gorodah Rossii / A.F. Malyshevskij, V.V. Habirov. [Justification of the choice of optimal method of disposal solid waste in the cities of Russia / A.F. Malyshevsky V.V. Habirov]. M.: IFZ RAN, 2012. 64 s. [M.: IPE RAS]. 2012. 64 p.
- [7] Mamadzhanov R.H., Latushkina E.N. Jekologicheskie vozdeystvija poligonov TBO i musoroszhigatel'nyh zavodov na okruzhajushhuju prirodnuju sredu: sravnitel'nyj analiz [The environmental impact of landfills and incinerators on the environment nature: a comparative analysis]. Konferencija «Aktual'nye problemy jekologii i prirodopol'zovanija 2013» Sbornik nauchnyh trudov [The conference «Actual problems of ecology and nature in 2013» Collection of Scientific Papers]. Issue 16. 399, M. 2014.
- [8] Mishlanova M.Ju. Termodinamicheskaja model' tehnogen'nogo massiva TBO [Thermodynamic model of pollution area of MSW landfills / Mishlanova M.Y.]. Rol' prirodobustrojstva v obespechenii ustojchivogo funkcionirovanija v razvitii jekosistem: Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija [The role of environmental engineering in sustainable functioning of ecosystems in development: International scientific and practical conference]. Proceedings of the conference. Part 1. M., 2006, pp. 300—305.
- [9] Murashov V.E. Tehnologicheskij process i oborudovanie dlja ajeraccii nesankcionirovannyh svalochk i poligonov tverdyh bytovyh othodov Moskovskoj oblasti: diss. ... kand. tehn. nauk: 25.00.36. / Murashov Vladimir Efimovich; Moskovskij gosudarstvennyj universitet inzhenernoj jekologii. [Technological process and equipment for aeration MSW landfills in Moscow region: diss. ... cand. tehn. sciences: 25.00.36. / Murashov V.E.; Moscow State University of Environmental Engineering]. M., 2002. 117 p.
- [10] Slijusar' N.N. Sovremennye podhody k rekul'tivaccii svalok i poligonov zahoroneniya tverdyh bytovyh othodov. [Contemporary approaches to remediation of landfills and disposal of solid

waste]. Vestnik PNIPU. Ser. Urbanistika. [The Bulletin PNIPU. Part. Urbanity]. M., 2012. — №4. — 84-90 p.

- [11] Jagafarova G.G. Razrabotka matricy prognozirovaniya vyhody metana v sostave biogaza iz tverdyh bytovyh othodov [Tekst] / Jagafarova G.G., Nasyrova L.A., Shaimova A.M. [The development of matrix forecasting of methane in the composition of biogas from municipal solid waste [Text] / Yagafarova G.G., Nasyrova L.A., Shaimova A.M.]. Bashkirskij himicheskij zhurnal [The Bashkir Chemistry Journal]. 2007. № 5, Volume 14. 31 p.