

УДК 504.064.47

## РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ НА ПОЛИГОНАХ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

**Афонин К.В., Жилина Т.С., Загорская А.А.**

*ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет»,  
Тюмень, e-mail: zhilina\_ts@tgasu.ru*

Рассмотрены условия образования биогаза в реальных условиях города Тюмени на полигоне твердых бытовых отходов при стандартной процедуре хранения. Исследованы качественные и количественные характеристики ингредиентного состава биогаза, определены его физико-химические свойства. Произведен расчет рассеивания компонентов выброса с полигона твердых бытовых отходов. Установлено, что выбросы с полигонов твердых бытовых отходов, эксплуатируемых в течение длительного времени, представляют собой опасность для окружающей среды вследствие содержания токсичных веществ в концентрациях, превышающих санитарно-гигиенические требования. Снижение антропогенной нагрузки в месте расположения полигонов твердых бытовых отходов возможно при внедрении утилизации и использования биогаза, что в масштабах Тюменской области представляет собой новую отрасль экономики, создающую основу для развития производств, использующих вторичные энергетические ресурсы на базе дешевого сырья.

**Ключевые слова:** твердые бытовые отходы, биогаз, выбросы загрязняющих веществ

## CALCULATIONS OF EMISSIONS SOLID WASTE LANDFILLS

**Afonin K.V., Zhilina T.S., Zagorskaya A.A.**

*Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering, Tyumen, e-mail: zhilina\_ts@tgasu.ru*

Consider the conditions of biogas in the real city of Tyumen on Municipal Solid Waste Landfill in the standard procedure of storage. Qualitative and quantitative characteristics of ingredient composition of biogas, determined its physical and chemical properties. The calculation of dispersion components of the discharge from the landfill. Determined that emissions from landfills operated for a long time, pose a threat to the environment because of the content of toxic substances in concentrations exceeding the hygiene requirements. Reduction of anthropogenic stress at the location of landfills is possible in the implementation of recovery and use of biogas, which is in the scale of the Tyumen region is a new sector of the economy that creates the basis for the development of industries using secondary energy resources based on cheap raw materials.

**Keywords:** municipal solid waste, biogas, emissions of polluting substances

Ежегодно на территории Тюменской области образуется до 2,5 миллионов тонн отходов, порядка 60 процентов из которых составляют отходы животноводства и птицеводства, около 20 процентов – коммунальные, менее 10 процентов – промышленные. Полигонами и свалками, соответствующими санитарно-экологическим нормам, обеспечены только 74 процента образующихся бытовых отходов. Полигонов промышленных отходов на территории области нет [4].

Накопление отходов в окружающей среде кардинально влияет на все элементы биосферы: изменение рельефа, режима испарения влаги и грунтовых вод, характера растительности, режимы поверхностного стока, кумуляция токсичных продуктов в биоте и передача по пищевой цепочке.

Складирование отходов связано с отчуждением значительных территорий, зачастую не подлежащих восстановлению и рекультивации после окончания срока эксплуатации. Суммарное воздействие отходов наносит ощутимый экологический и экономический ущерб.

В толще твердых бытовых отходов, складированных на полигонах, под воз-

действием микрофлоры происходит биотермический анаэробный процесс распада органических составляющих отходов. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, основную объемную массу которого составляют метан и диоксид углерода. Наряду с названными компонентами биогаз содержит пары воды, оксид углерода, оксиды азота, аммиак, углеводороды, сероводород, фенол и в незначительных количествах другие примеси, обладающие вредным для здоровья человека и окружающей среды воздействием [3].

### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования был выбран Велижанский полигон твердых бытовых отходов, функционирующий с 1996 года на основании распоряжения Администрации Тюменской области № 90-р от 14.02.1996 года.

На рассматриваемом объекте складированы как бытовые, так и промышленные отходы, разрешенные в установленном порядке для захоронения совместно с бытовыми [2]. Состав твердых бытовых отходов (ТБО), складированных на полигоне, по усредненным данным проведенных исследований приведен на рис. 1.

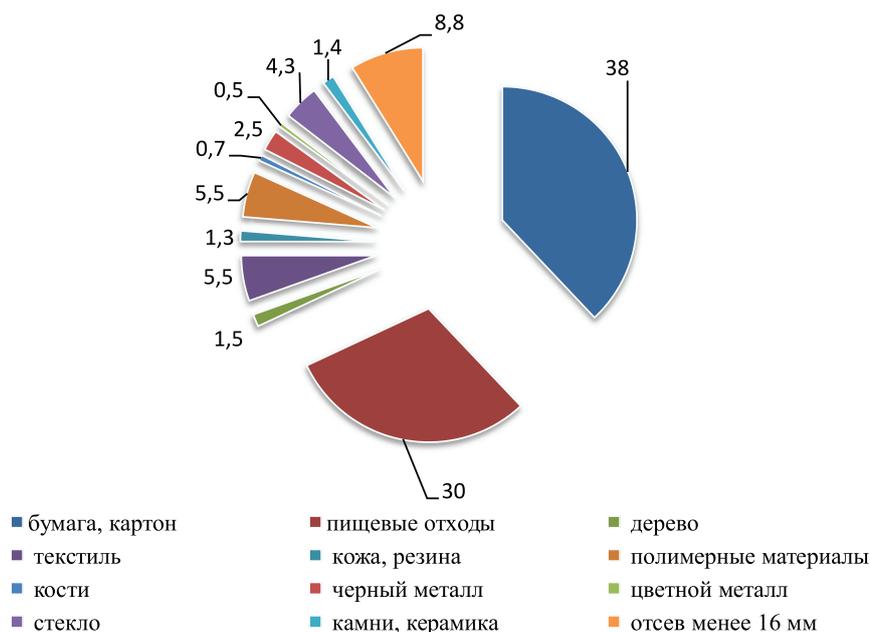


Рис. 1. Морфологический состав отходов Велижанского полигона твердых бытовых отходов, выраженный в процентах по массе

Среднее количество отходов, поступающих ежегодно на Велижанский полигон для утилизации и захоронения, составляет 1 201 000 м<sup>3</sup>.

В задачу исследования входило: определение качественного и количественного состава биогаза, динамика поступления в атмосферу, соответствие выброса полигона ТБО действующим санитарно-гигиеническим нормативам. В качестве методики определения качественного и количественного состава биогаза была выбрана [1].

### Результаты исследования и их обсуждение

На количественную характеристику выбросов загрязняющих веществ с полигонов отходов влияет большое количество факторов, среди которых:

- количество завозимых ежегодно отходов;
- влажность отходов;
- мощность слоя складированных отходов;
- климатические условия;
- состав отходов;
- соотношение углерода и общего азота.

Для описания процесса выхода биогаза за период его активной стабилизированной генерации была использована следующая математическая модель [1]:

$$Q_{t_1} = \frac{1,85G_0(1-10^{-kt})}{\left(\frac{59-W}{13}\right)^4}, \quad (1)$$

где  $Q_{t_1}$  – удельный выход биогаза, куб.м/т отходов;  $G_0 = 1,868C_{акт}(0,014T + 0,28)$ ;  $C_{акт}$  – активный органический углерод, г/т отходов;  $T$  – температура в теле полигона, °С; (температура в теле полигона колеблется от 28 до 32°С);  $k$  – постоянная разложения, равная отношению углерода к общему азоту (C/N), определяется согласно [3];  $t$  – продолжительность периода стабилизированного выхода биогаза (четвертая фаза), год;  $W$  – естественная влажность отходов, %.

Органические вещества, содержащиеся в отходах, обладают различной интенсивностью разложения. Так, резина, кожа, полимерные материалы и т.п. разлагаются микроорганизмами очень медленно, в то время как органические составляющие отходов, содержащие белковые вещества, крахмал, разлагаются очень быстро. Таким образом, можно считать, что органическая составляющая отходов состоит из «пассивного» (негенерирующего) органического вещества и «активного» (генерирующего) органического вещества. Активный органический углерод, входящий в формулу (1), относится к «активной» органике и определяется в лабораторных условиях в соответствии с [3].

Для практических расчетов более удобно пользоваться известным уравнением выхода биогаза при метановом брожении:

$$Q_{t_2} = 10^{-6} R(100 - W)(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (2)$$

где  $Q_2$  – удельный выход биогаза за период активного выхода, кг/кг отходов;  $W$  – средняя влажность отходов, %;  $R$  – содержание органической составляющей в отходах, на сухую массу, %;  $Ж$  – содержание жироподобных веществ в органике отходов, %;  $У$  – содержание углеводоподобных веществ в органике отходов, %;  $Б$  – содержание белковых веществ в органике отходов, %.

$W$ ,  $R$ ,  $Ж$ ,  $У$  и  $Б$  – определяются анализами отбираемых проб отходов.

Согласно проведенным исследованиям было установлено, что содержание органической составляющей в рассматриваемых отходах –  $R = 55\%$ ; содержание жироподобных веществ –  $Ж = 2\%$ ; содержание углеводоподобных веществ –  $У = 83\%$ ; содержание белковых веществ –  $Б = 15\%$ ; средняя влажность отходов –  $W = 58\%$ .

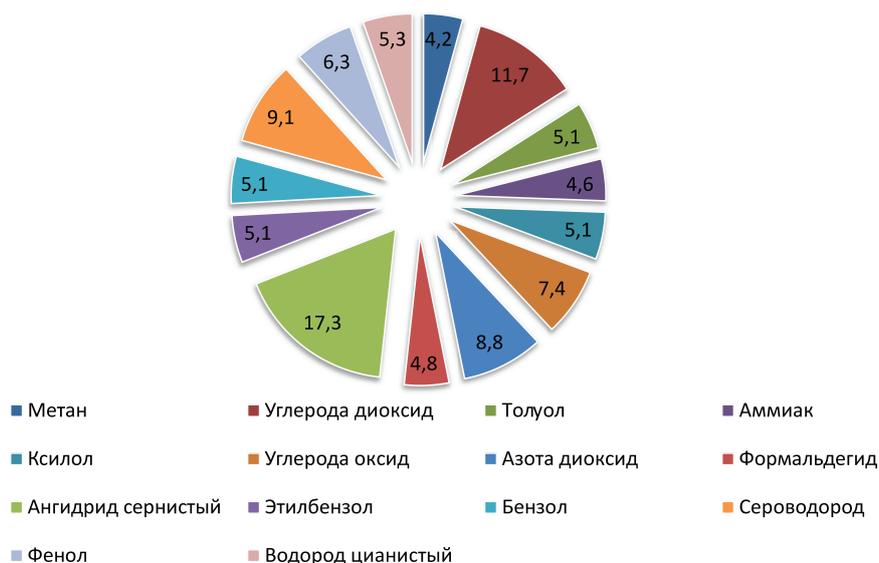


Рис. 2. Ингредиентный состав выбросов полигона твердых бытовых отходов, в объемных процентах

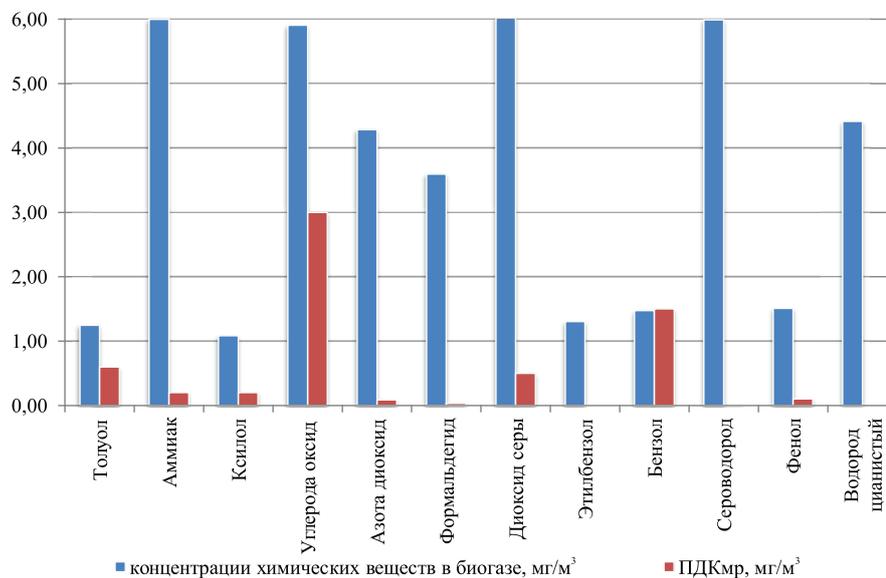


Рис. 3. Соответствие концентраций компонентов биогаза после рассеивания санитарно-гигиеническим нормативам

На рис. 2 представлены компоненты выброса с полигона твердых бытовых отходов, полученные на основании реальных данных

расчетно-аналитическим методом. Состав биогаза и концентрации компонентов в нем определялись на основании проб биогаза,

отобранных в нескольких точках по площади полигона на глубине 0,5–1 метр.

Расчет выбросов биогаза производился для условий стабилизированного процесса разложения при максимальном выходе биогаза (в период четвертой фазы), который наступает спустя два года после захоронения отходов.

Период активного выхода биогаза составляет в среднем двадцать лет. За это время генерируется около 80 % от общего количества биогаза, получаемого с одной тонны отходов.

Для учета мощности слоя залегания отходов вводятся поправочные коэффициенты. При максимальной высоте полигона 4 метра количество выбрасываемого биогаза умножается на коэффициент 0,5, а при высоте от 2 до 4 метров эта величина умножается на коэффициент 0,4.

На основании результатов исследований определен удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации для Велижанского полигона твердых бытовых отходов.

Установлены валовые выбросы загрязняющих веществ и произведен расчет рассеивания согласно рекомендациям [5]. Сравнение концентраций компонентов биогаза с учетом рассеивания и максимально разовых ПДК приведено на рис. 3.

Характер и уровень загрязнения позволяет установить, что на данном этапе эксплуатации Велижанский полигон твердых бытовых отходов представляет собой источник загрязнения атмосферы с высокой интенсивностью. Поэтому согласно п. 6.8. [2] должны быть приняты соответствующие меры, снижающие антропогенную нагрузку на атмосферу в месте расположения рассматриваемого объекта.

### Заключение

В настоящее время для решения экологических, ресурсосберегающих и социальных проблем утилизации и использование твердых бытовых отходов представляют одну из наиболее актуальных проблем.

В Тюменской области – это новая отрасль экономики, создающая основу для развития производств, использующих вто-

ричные топливно-энергетические ресурсы на базе дешевого сырья.

### Список литературы

1. Методические указания по расчету количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. – М., 1995.
2. Санитарные правила СП 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 30 мая 2001 г. № 16)
3. Методические указания по исследованию свойств твердых бытовых и промышленных отходов, Москва, 1995.
4. Постановление Тюменской Областной Думы от 20 декабря 2012 г. № 775 (Об информации Правительства Тюменской области о реализации в Тюменской области федерального закона «Об отходах производства и потребления»)
5. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Ленинград, Гидрометеиздат, 1987.

### References

1. Metodicheskie ukazanya po raschetu kolichestvennykh vybrosov zagryaznyayushikh veshstv v atmosfery ot poligonov tverdykh bytovykh i promyshlennykh otkhodov, Moscow, 1995
2. Sanitarnye pravila SP 2.1.7.1038-01 «Gigienicheskiye trebovaniya k ustroystvu i soderzhaniyu poligonov dlya tverdykh bytovykh otkhodov» (utv. Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 30 may 2001 no. 16).
3. Metodicheskie ukazanya po issledovaniyu svoystv tverdykh bytovykh i promyshlennykh otkhodov, Moscow, 1995.
4. Postanovlenie Tyumenskoy Oblastnoy Dumy ot 20 decabrya (December) 2012 no. 775 (Ob informatsii pravitelstva tyumenskoy oblasti o realizatsii v tyumenskoy oblasti federalnogo zakona «Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya»)
5. OND-86. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfere vozdukh vrednykh veshstv, soderzhaschikhsya v vybrosoakh predpriyatiy. Leningrad. Gidrometeoizdat, 1987.

### Рецензенты:

Пимнева Л.А., д.х.н., профессор, заведующая кафедрой общей и специальной химии, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень;

Чекардовский М.Н., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный архитектурно-строительный университет», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 23.10.2014.