

Ю.В. Есипов, Э.Г. Хорошун
(ДГТУ, ЮНЦ РАН; e-mail: yu-yesipov5@yandex.ru)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНОГО ОТРАВЛЕНИЯ ОТ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОБЪЕКТАХ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ

Разработана методика расчёта вероятности или возможности отравления при выбросах вредных загрязняющих веществ на объектах захоронения отходов.

Ключевые слова: объект захоронения отходов, выброс вредных загрязняющих веществ, отравление.

Yu.V. Esipov, E.G. Horoshun

METHODOLOGY FOR ASSESSING POSSIBLE REFLECTION FROM WASTES OF HAZARDOUS SUBSTANCES AT WASTE DISPOSAL SITES

A methodology for calculating the probability or possibility of poisoning when polluting substances are emitted at waste disposal sites has been developed.

Key words: object of waste disposal, the emission of harmful pollutants, poisoning.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 17 ноября 2016 г.

Известно, что вероятность вершинного исхода определяется на основе установления логической связи предпосылок относительно этого исхода и нахождения теоретической (гипотетической) вероятности (или её статистической оценки или её асимптоты) в виде меры субъективной вероятности, называемой возможностной или нечётной мерой [1].

Рассмотрим эксплуатацию объекта захоронения отходов производства и потребления и образования при этом негативных факторов в системе "объект – защита – среда – человек", включающий события и связи между ними, которые приводят (способны привести) к критическим вершинным исходам. Целью является разработка графической и логической зависимостей наиболее часто встречающегося вершинного исхода: отравления от возможных выбросов вредных загрязняющих веществ, образующихся как при естественном разложении отходов производства и потребления, так и в результате самопроизвольного возгорания отходов.

Захоронения отходов производства и потребления, в связи с наличием в их компонентном составе органической части, приводят к образованию свалочного газа, в состав которого может входить метан, углерода диоксид, толуол, аммиак, ксилол, углерода оксид, азота диоксид, формальдегид, ангидрид сернистый, этилбензол, бензол, сероводород, фенол [2].

Также, вследствие протекания химических реакций и деятельности микроорганизмов, температура в различных местах тела складированных отходов может достигать 25-30 °C, вызывая самопроизвольное возгорание, что служит

причиной поступления в окружающую среду полиароматических углеводородов (химических канцерогенов, занимающих ведущее место в возникновении раковых заболеваний), предельно допустимые концентрации которых в атмосферном воздухе нередко превышены в тысячи раз [3].

Анализ последствий вдыхания высоких концентраций вредных загрязняющих веществ [4, 5] позволяет выделить основные вершинные исходы при эмиссии свалочных газов в окружающую среду:

- вершинный исход 1 – асфиксия;
- вершинный исход 2 – отравление;
- вершинный исход 3 – патологии.

Возникновение того или иного вершинного исхода зависит от варианта возникновения предпосылок происшествия, к примеру, последовательно параллельная совокупность событий, графически представленная на рис. 1 (аналог дерева происшествий).

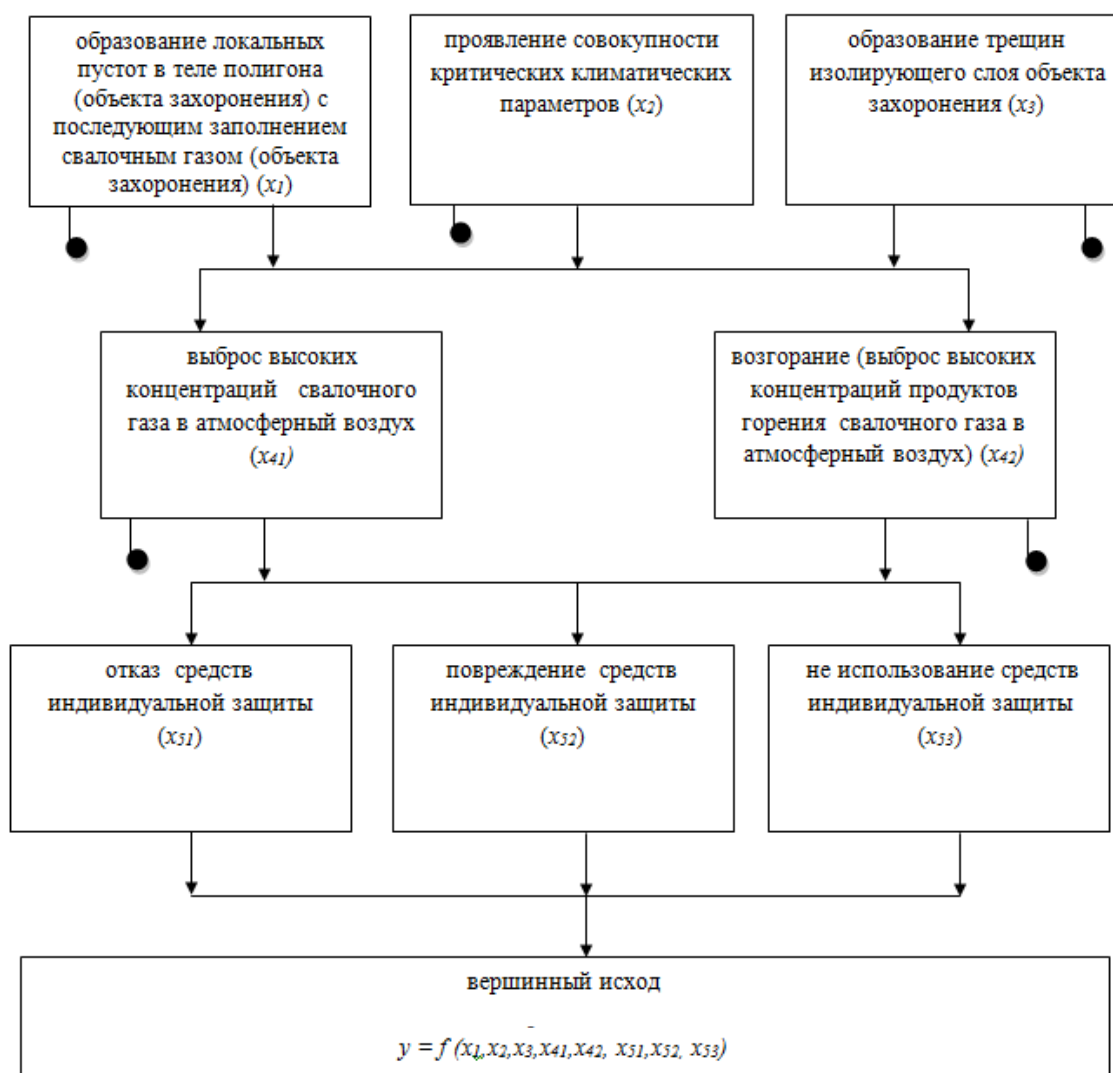


Рис. 1. Упрощённая схема возникновения вершинного исхода

Известно, что логическую модель происхождения выражают с помощью функции алгебры логики [6, 7]. Для примера построим логическую модель возможного отравления биовида, которое реализуется при воздействии на биовид высоких концентраций вредных загрязняющих веществ. Для этого рассмотрим и выразим основные предпосылки и условия, которые в технической системе "объект захоронения отходов – выброс вредных загрязняющих веществ – защита – работник" определяют реализацию и эволюцию следующих вершинных исходов:

ВИ₁: асфиксия, $y_1 = 1$;

ВИ₂: отравление, $y_2 = 1$;

ВИ₃: патологии, $y_3 = 1$.

К условиям вершинных исходов относятся:

- образование локальных пустот в теле полигона (объекта захоронения) с последующим заполнением свалочным газом (x_1): $x_1 = 1$;

- проявление совокупности критических климатических параметров (x_2): $x_2 = 1$;

- образование трещин изолирующего слоя объекта захоронения (x_3): $x_3 = 1$;

- выброс высоких концентраций свалочного газа в атмосферный воздух (x_{41}) или возгорание (выброс высоких концентраций продуктов горения свалочного газа в атмосферный воздух) (x_{42}): $x_{41} \vee x_{42} = 1$;

- отказ (x_{51}), повреждение (x_{52}) или неиспользование (x_{53}) средств индивидуальной защиты: $x_{51} \vee x_{52} \vee x_{53} = 1$.

В первом приближении примем, что логические функции наступления каждого из вершинных исходов (ВИ₁, ВИ₂ и ВИ₃) обусловлены полным множеством описываемых предпосылок $\{x_1, x_2, x_3, x_{41}, x_{42}, x_{51}, x_{52}, x_{53}\}$ и имеют вид:

$$y = x_1 \cap x_2 \cap x_3 \cap (x_{41} \cup x_{42}) \cap (x_{51} \cup x_{52} \cup x_{53}). \quad (1)$$

Функцию y удобно привести в конъюнктивной форме

$$y = x_1 \cap x_2 \cap x_3 \cap z_{51} \cap z_{52}. \quad (2)$$

$$z_1 = x_{41} \cup x_{42}, z_2 = x_{51} \cup x_{52} \cup x_{53}. \quad (3)$$

Расчёт возможностной меры отравления вредными загрязняющими веществами производится следующим образом.

На основании преобразования логической зависимости в возможностную форму [1, 8] получим следующее выражение возможностной меры вершинного исхода ВИ₂:

$$\text{Pos}(y_2 = 1) = \min\{\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_{z1}, \pi_{z2}\}, \quad (4)$$

где возможностные меры предпосылок рассчитывают на основе использования статистических данных, результатов измерений или расчётов в рамках нечёткой параметрической зависимости "воздействие – восприимчивость".

На основании преобразования логической зависимости в вероятностную форму [9, 10] получим следующее выражение вероятности вершинного исхода ВИ₂ в системе:

$$\text{Pro}(y_2 = 1) = p_1 p_2 p_3 p_{z1} p_{z2}; \quad (5)$$

$$pz_1 = (1 - p_{41})(1 - p_{42}); pz_2 = (1 - p_{51})(1 - p_{52})(1 - p_{53}), \quad (6)$$

где элементарные вероятности реализации предпосылок определяют следующим образом:

$$p_i = Pro(x_i = 1); i = 1, 2, 3; \quad (7)$$

$$p_{z1} = (p_{41} + p_{42} - p_{41}p_{42}); \quad (8)$$

$$p_{z2} = (p_{51}p_{52}) + (p_{51}p_{53}) + (p_{52}p_{53}) - (p_{51} + p_{52} + p_{53}) - (p_{51}p_{52}p_{53}); \quad (9)$$

$$p_{41} = Pro(x_{41} = 1); p_{42} = Pro(x_{42} = 1); \quad (10)$$

$$p_{51} = Pro(x_{51} = 1); p_{52} = Pro(x_{52} = 1); p_{53} = Pro(x_{53} = 1). \quad (11)$$

Ниже приведён пример расчёта вероятностной и возможностной мер отравления.

Пусть в ходе экспертизы вершинных исходов получены логическая зависимость и значения вероятностного и возможностного параметрических запасов безопасности предпосылок.

Получена следующая логическая зависимость ВИ:

$$y = x_1 \cup x_2 \cup x_3.$$

По значениям приведённого параметрического запаса zb_i реализации переменных x_i (табл. 1), рассчитана вероятностная и возможностная меры возникновения вершинного исхода $y = 1$ в рамках линейной и гауссовой аппроксимаций параметров воздействия и восприимчивости.

Таблица 1

Исходные данные и результаты расчёта мер определённости реализации функции $y = x_1 \cup x_2 \cup x_3$ и её аргументов $Pro(zb_i)$ и $Pos(zb_i)$ 1

zb_i	$Pro(zb_i) = p_{ii}$	$Pos(zb_i)_1 = \pi_1$	$Pos(zb_i)_2 = \pi_2$
0,5	0,25	0,50	0,50
0,9	0,10	0,06	0,10
1,2	0,05	0,02	0,0

Преобразуем логическую зависимость в следующие вероятностную и возможностную функции возникновения происшествия:

$$y = x_1 \cup x_2 \cup x_3 \rightarrow Pro(y = 1) = P = (p_1 + p_2 - p_1p_2)p_3;$$

$$y = x_1 \cup x_2 \cup x_3 \rightarrow Pos(y = 1) = \Pi = \max(\pi_1, \min(\pi_2, \pi_3))$$

Подставим значения вероятности и возможности реализации предпосылок в формулы (4 и 5) и получим итоговые значения вероятностной и возможностной мер происшествия в следующем виде:

$$Pro(y = 1) = P = (0,5 + 0,1 - 0,05)0,05 = 0,0275;$$

$$Pos(y = 1) = \Pi = \max(0,5, \min(0,06; 0,02)) = 0,5.$$

Следует заметить, что в рамках такого подхода значение возможностной меры вершинного исхода определяют с ошибками первого и второго рода, которые представляют собой вероятности ложного и необнаруженного происшествия.

Таким образом, разработана графическая и логическая зависимости наиболее часто встречающегося вершинного исхода: отравления биовида от возможных выбросов вредных загрязняющих веществ, образующихся при эксплуатации объекта захоронения отходов производства и потребления.

Литература

1. **Есипов Ю.В., Самсонов Ф.А., Черемисин А.И.** Мониторинг и оценка риска систем "защита объект среда". М.: изд-во ЛКИ УРСС, 2013. 138 с.
2. **Методики** расчёта количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов. М., 2004.
3. **Малышевский А.Ф.** Обоснование выбора оптимального способа обезвреживания твердых бытовых отходов жилого фонда в городах России / Доклад Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации Федеральной службы по надзору в сфере природопользования Общественного совета при Росприроднадзоре Комиссии научного совета РАН по экологии и чрезвычайным ситуациям. М., 2012. 47 с.
4. **Балахчина Т.К.** Оценка воздействия свалочного газа с полигонов твёрдых бытовых отходов на человека // Научный диалог. № 2. 2012.
5. **Ушаков И.Б., Володин А.С., Губин В.В.** Медицинские последствия химических загрязнений окружающей среды и некоторые решения данной проблемы // Экология человека. №4. 2003.
6. **Волик Б.Г.** О концепциях техногенной безопасности // Автоматика и Телемеханика. 1998. № 2
7. **Бусленко Н.П.** Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 410 с.
8. **Дюбуа Д., Прад А.** Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике. М.: Мир, 1989. 286 с.
9. **Рябинин И.А., Черкесов Г.М.** Логико-вероятностные методы исследования надёжности структурно-сложных систем. М., Радио и связь. 1981. 263 с.
10. **Стрелецкий Н.С.** Основы статистического учёта коэффициента запаса прочности сооружений. М.: Стройиздат, 1967. 232 с.