



DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-354-366

УДК 57.049

Прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке

А.В. Сауц

Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики
Российская Федерация, 190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 44, лит. А

В статье выполнено прогнозирование экологических последствий загрязненности компонентами свалочного газа воздуха в жилой застройке, расположенной на территории вблизи полигонов захоронения отходов. Предложена методика расчета рассеивания свалочного газа с учетом влияния застройки, основанная на численном решении уравнений диффузии, теплообмена, Рейнольдса, показательного распределения, дополненных соответствующими моделями турбулентности, начальными и граничными условиями. Методика позволяет учитывать пространственную неоднородность полигонов и свалок как источников загрязняющего вещества, а также процесс проникновения загрязненного воздуха в помещения. Выполнена программная реализация и верификация методики на примере полигона «Новоселки» (г. Санкт-Петербург) и прилегающих к нему складских зданий и жилого комплекса для наиболее неблагоприятного ветрового режима территории с учетом осреднения по времени. Проведен эколого-токсикологический анализ свалочного газа с точки зрения основных его компонентов, а также анализ канцерогенного и неканцерогенного рисков при хроническом воздействии на абстрактного человека, проживающего в помещении, в которое проникает загрязненный свалочным газом воздух. Результаты работы могут быть использованы для определения величины предельно допустимого выброса компонентов свалочного газа, размеров санитарно-защитных зон полигонов и свалок, выявления наиболее загрязненных мест на улице и в помещении, оценки риска для здоровья жильцов в результате хронического действия ядовитых веществ, синдрома «больного здания», вызванного проникновением загрязненного воздуха в помещения через неплотности ограждающих конструкций, при решении прикладных задач экологической безопасности строительства, жилищно-коммунального хозяйства и общественного здравоохранения.

Ключевые слова: свалочный газ, полигоны захоронения отходов, синдром «больных зданий», канцероген, хронический риск

Введение. Свалочный газ представляет собой газовую смесь, образующуюся в результате разложения на полигонах и свалках твердых бытовых и промышленных отходов (ТБО и ПО), представляющую опасность для окружающей среды. В составе свалочного газа помимо метана и углекислого газа могут присутствовать аммиак, бензол, сероводород, бенз(а)пирен, фенол, ксилол, диоксины, меркаптаны, эфиры, алкинбензолы и другие экотоксиканты. В условиях уплотнительной

© Сауц А.В., 2018



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

городской застройки расположение зданий, в том числе жилых и торговых комплексов, нередко оказывается в зоне негативного влияния полигонов и свалок. На практике соблюдение границ санитарно-защитных зон часто не обеспечивает соблюдение требований к качеству воздуха в застройке. В результате в зоне влияния полигонов создается неблагоприятная экологическая обстановка. Стандартная методика [1], действующая в настоящее время на территории РФ, а также ее прототип ОНД-86, реализованные в программном комплексе УПРЗА «Эколог», не учитывают процесс проникновения загрязненного воздуха в помещения, не предназначены для расчета рассеивания загрязняющих веществ от пространственно-неоднородных источников и прогнозирования экологических последствий загрязненности воздуха.

Цель исследования — прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке.

Методы и результаты исследования. Расчет диффузии пассивной примеси концентрацией c , мг/м³, производится по уравнению

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \nabla(c\vec{V} - k_{xyz} \nabla c) - \frac{\partial(\vec{w}_s c)}{\partial z} = I, \quad (1)$$

где t — время, с; $\vec{V} = \vec{V}(u; v; w)$ — вектор скорости движения воздуха, м/с; I — эмиссия вещества, мг/(м²с); $k_{xyz} = \text{diag}\{k_x; k_y; k_z\}$ — кинематическая турбулентная вязкость, м²/с; \vec{w}_s — скорость оседания или подъема примеси в воздухе, м/с.

При расчете поля скоростей движения наружного воздуха приняты допущения, что среда является изотермической и несжимаемой. Для расчетов применяются следующие подходы.

1. При большом удалении полигона от здания используется система уравнений Навье — Стокса для несжимаемой вязкой жидкости:

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \rho(\vec{V} \cdot \nabla)\vec{V} = \nabla \left[\eta(\nabla \vec{V} + \nabla \vec{V}^T) - p \right], \\ \nabla \vec{V} = 0 \end{cases} \quad (2)$$

где ρ — плотность, кг/м³; η — динамическая вязкость, Па·с; p — давление, Па.

Для определения турбулентной структуры потока система (2) дополняется метеорологической моделью турбулентности Дж. Смагоринского:

$$\begin{cases} k_x = k_y = \Delta x \Delta y k_{\text{баз}} / \Delta^2 \\ k_z = k_{\text{баз}} \Delta z^2 / \Delta^2 \end{cases}, \quad (3)$$

где Δ — масштаб ячейки, м; $k_{\text{баз}}$ — базовый коэффициент турбулентной вязкости, м²/с, определяемый по формулам

$$k_{\text{баз}} = \begin{cases} k_\phi + \varepsilon \Delta^2 |Def| \sqrt{1 - Ri} / \sqrt{2}, & Ri < 1 \\ k_\phi, & Ri \geq 1 \end{cases}. \quad (4)$$

Масштаб Δ прямоугольных ячеек размерами Δx , Δy , Δz определяется как:
– при умеренной анизотропии сетки

$$\Delta = \sqrt[3]{\Delta x \Delta y \Delta z}; \quad (5)$$

– при сильной анизотропии сетки

$$\Delta = \max\{\Delta x; \Delta y; \Delta z\}, \quad (6)$$

где $k_\phi = 1-15 \text{ м}^2/\text{с}$; $\varepsilon = 0,1-0,4$ – константа Смагоринского; Def – диссипативная или деформационная функция:

$$Def = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2 + \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x}\right)^2 \right]}; \quad (7)$$

Ri – критерий Ричардсона, определяемый по формуле

$$Ri = g \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{T}{T_\phi} + [\gamma_\phi(z) - \gamma_a] \right) / [Def]^2, \quad (8)$$

где $\gamma_\phi(z) = -dT_\phi/dz$ – градиент фоновой температуры, $^\circ/\text{м}$; T – температура воздуха в расчетной точке, К ; T_ϕ – фоновая температура, К ; $\gamma_a = 0,01 \text{ }^\circ/\text{м}$ – адиабатический градиент; $Ri \approx 0$ при $T \approx T_\phi$.

2. При проведении аэродинамических расчетов непосредственно вблизи застройки модель Смагоринского может давать ложные результаты. В связи с этим вблизи препятствий формируются дополнительные расчетные подобласти (рис. 1), в которых для расчетов используется уравнение Рейнольдса, дополненное моделью турбулентности « k - ε »:

$$\begin{cases} \rho_0 \frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \rho_0 (\bar{V} \cdot \nabla) \bar{V} = \nabla \left[(\eta + \eta_t) (\nabla \bar{V} + \nabla \bar{V}^T) - p \right] \\ \nabla \bar{V} = 0 \\ \rho_0 \frac{\partial k}{\partial t} + \rho_0 \bar{V} \nabla k - \nabla [(\eta + \eta_t / \sigma_k) \nabla k] = 0,5 \eta_t (\nabla \bar{V} + \nabla \bar{V}^T)^2 - \rho_0 \varepsilon \\ \rho_0 \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \rho_0 \bar{V} \nabla \varepsilon = \nabla [(\eta + \eta_t / \sigma_\varepsilon) \nabla \varepsilon] = 0,5 C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} \eta_t (\nabla \bar{V} + \nabla \bar{V}^T)^2 - \rho_0 C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k} \\ \eta_t = \rho_0 C_\mu k^2 / \varepsilon \end{cases}, \quad (9)$$

где k – кинетическая энергия турбулентности; ε – скорость диссипации турбулентности; $C_\eta = 0,09$; $C_{\varepsilon 1} = 1,44$; $C_{\varepsilon 2} = 1,92$; $\sigma_k = 1$; $\sigma_\varepsilon = 1,3$.

Кинематическая турбулентная вязкость определяется по выражению

$$k_{xyz} = \eta_t / \rho_0. \quad (10)$$

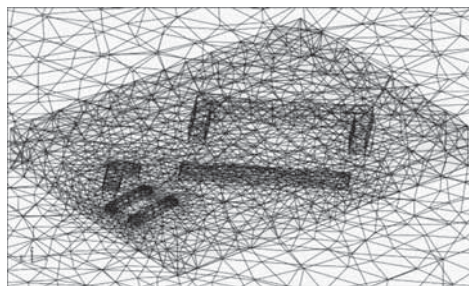


Рис. 1. Построение дополнительной расчетной подобласти вблизи зданий
[**Figure 1.** The construction of additional settlement subareas in close proximity to buildings]

В помещениях зданий расчет вентиляционных течений производится с помощью системы уравнений Навье — Стокса и теплопроводности в приближении Буссинеска — Обербека:

$$\begin{cases} \rho_0 \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + \rho_0 (\vec{V} \cdot \nabla) \vec{V} = \nabla \left[\eta (\nabla \vec{V} + \nabla \vec{V}^T) - p \right] + \rho_0 \vec{g} [\beta_T (T - T_0) - 1] \\ \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla (\lambda \nabla T) + \rho c_p \vec{V} \nabla T = Q \\ \nabla \vec{V} = 0 \end{cases}, \quad (11)$$

где ρ_0 — плотность воздуха, кг/м³, при некоей равновесной температуре T_0 , К; β_T — коэффициент термического расширения воздуха, К⁻¹; \vec{g} — ускорение свободного падения, м/с²; c_p — изобарная теплоемкость, Дж/(кг К); λ — коэффициент теплопроводности Вт/(м·К); Q — источник или сток тепла, Вт/м².

Для численного решения приведенных дифференциальных уравнений задаются соответствующие начальные и граничные условия.

Влияние полигона или свалки как источника примеси определяется с помощью уравнения [2]

$$I = 11574,07 m Z / (T_{\text{тепл}} V_{\text{пол}}), \quad (12)$$

где m — эмиссия свалочного газа, т/год (рассчитывается по методике АКХ имени К.Д. Памфилова); Z — высота массива отходов, м; $T_{\text{тепл}}$ — период года, дней, во время которого $T_{\text{ф}} > 273,15$ К; $V_{\text{пол}}$ — объем полигона или свалки, м³.

Эмиссию веществ, поступающих в помещение за счет неплотности ограждающей конструкции (оконный блок), можно найти как [2]

$$I = \gamma c_{\text{прит}} \Delta p / (\rho_n R_u), \quad (13)$$

где γ — коэффициент пересчета разовой концентрации в среднесуточную [3]; $c_{\text{прит}}$ — разовая концентрация загрязняющего вещества в приточном воздухе, мг/м³; Δp — перепад давлений воздуха между наружной и внутренней поверхностями ограждающих конструкций, Па; ρ_n — плотность наружного воздуха, кг/м³; R_u — сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций, кг/(м² с).

Эмиссию загрязняющих веществ, поступающих в помещение через открытое окно или вентиляционный клапан, можно найти как

$$c = \gamma c_{\text{прит}} \quad (14)$$

На входной границе наружной расчетной области профиль скорости ветра задается уравнением Кармана:

$$u = u^* \ln[(z - H_{\text{ср}} + z_0/C)/z_0]/\zeta, \quad (15)$$

где u^* — скорость ветра, м/с; $H_{\text{ср}}$ — средняя высота препятствий на пути ветра, м; z_0 — шероховатость поверхности, м; $\zeta = 0,4$ — коэффициент Кармана; C — коэффициент сопротивления, м.

Скорость поступления приточного воздуха принимается равномерной по всей площади оконного блока и определяется как

$$V_i = \Delta p / (\rho_n R_u). \quad (16)$$

Постановка задачи принята стационарной, ее решение выполняется с использованием метода установления. Программная реализация модели выполнена в среде Comsol Multiphysics 3.5a для наиболее неблагоприятного метеорежима для полигона «Новоселки» (г. Санкт-Петербург), на расстоянии 500 м от которого расположен автомобильный завод «Ниссан Мэнүфэкчуринг Рус», а на расстоянии 5 км — жилой комплекс «Дом на Нижне-Каменской улице» (рис. 2).



Рис. 2. Расположение полигона «Новоселки», завода «Ниссан Мэнүфэкчуринг Рус» и жилого комплекса «Дом на Нижне-Каменской улице»

[**Figure 2.** The location of the “Novoselki” landfill, plant “Nissan Manufacturing Rus” and residential complex “Apartment house on the Nizhne-Kamenskaya street”]

Полученные результаты и их обсуждение. На рис. 3 приведены результаты расчетов концентраций аммиака и бензола в зоне влияния полигона «Новоселки».

Более детальный результат расчетов концентраций аммиака и бензола вблизи жилого комплекса приведен на рис. 4.

Расчеты загрязнения воздуха аммиаком и бензолом также произведены для помещений здания на первом этаже жилого дома с наветренной и подветренной сторон (рис. 5). Результаты расчетов приведены на рис. 6 и 7.

Результаты расчетов концентраций сравнивались с замерами, произведенными с газоанализатором УГ-2. В табл. 1 сравнение разовых приземных концентраций в наружном воздухе приведено в долях ПДК максимальной разовой (ПДК_{МР}), в табл. 2 — среднесуточных концентраций в центре помещения с наветренной стороны в долях ПДК среднесуточной (ПДК_{СС}).

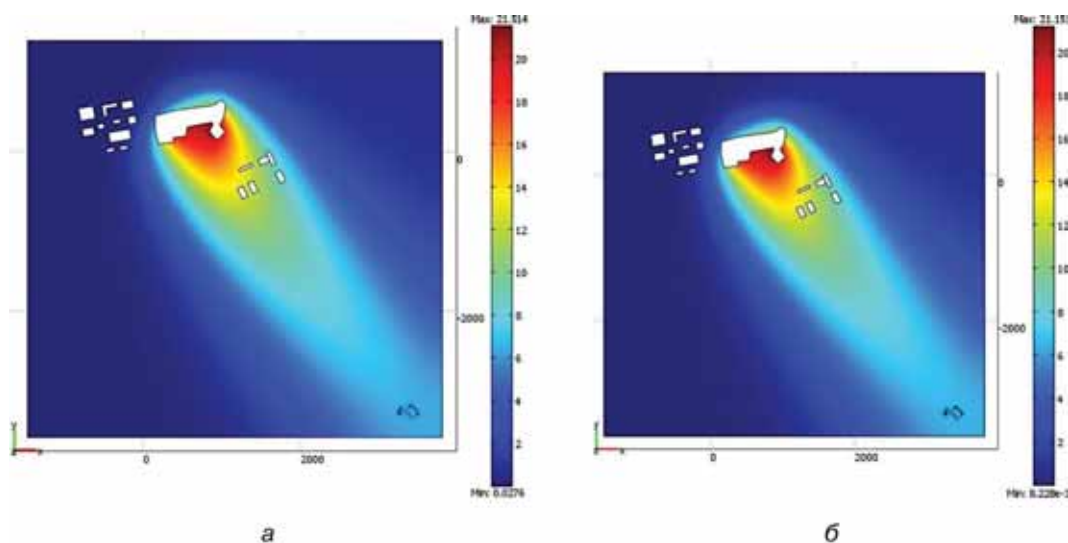


Рис. 3. Поле разовых приземных концентраций аммиака (а) и бензола (б), мг/м³, в районе полигона «Новоселки» (11.03.2014)
[Figure 3. Field of single surface concentrations ammonia (a) and benzene (b), mg per m³, near the landfill “Novoselki” (11.03.2014)]

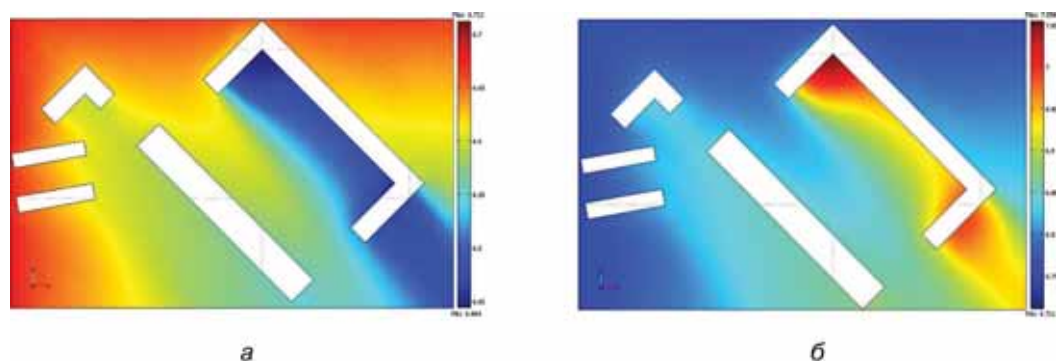


Рис. 4. Поле разовых приземных концентраций аммиака (а) и бензола (б), мг/м³, вблизи жилого комплекса (11.03.2014)
[Figure 4. Field of single ground level concentrations ammonia (a) and benzene (b), mg per m³, near the residential compound (11.03.2014)]



Рис. 5. Места расположения исследуемых помещений в многоквартирном доме:
1 — с наветренной стороны; 2 — с подветренной стороны
[**Figure 5.** Locations of the studied premises in an apartment building:
1 — on the windward side; 2 — on the leeward side]

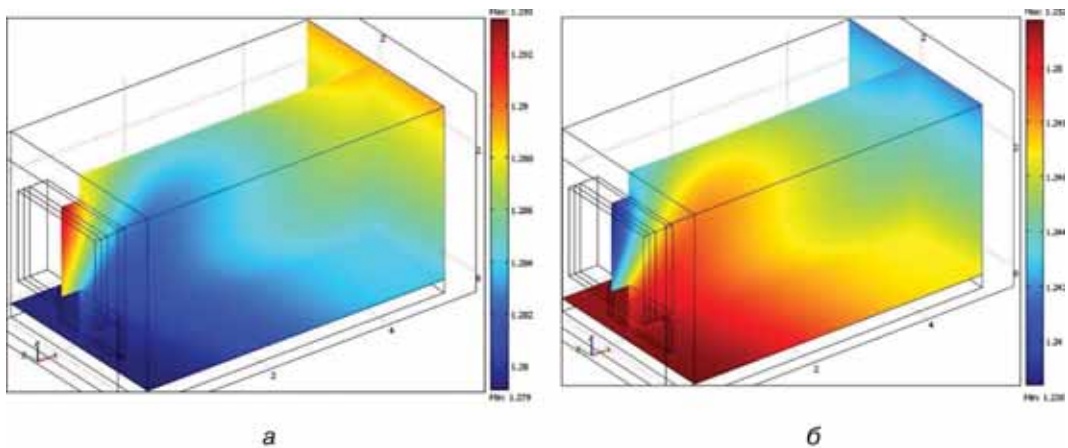


Рис. 6. Поле среднесуточных концентраций аммиака (а) и бензола (б), mg/m^3 ,
в помещении с наветренной стороны (11.03.2014)
[**Figure 6.** Field of average daily concentrations of ammonia (а) and benzene (б), mg/m^3 ,
in the room from the windward side (11.03.2014)]

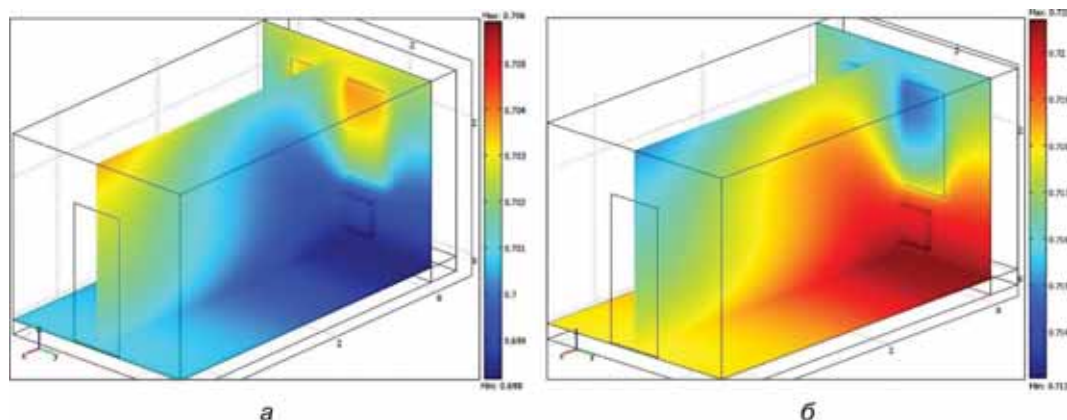


Рис. 7. Поле среднесуточных концентраций аммиака (а) и бензола (б), мг/м³, в помещении с подветренной стороны (11.03.2014)
[Figure 7. Field of average daily concentrations of ammonia (a) and benzene (б), mg per m³, in the room from the leeward side (11.03.2014)]

Таблица 1

Значения разовых приземных концентраций компонентов свалочного газа в наружном воздухе, доли ПДК_{мр}, полученные различными способами

Компонент свалочного газа	ПДК _{мр} [4]	Вблизи складов автомобильного завода		Вблизи жилого комплекса	
		Экспериментальное	Расчетное	Экспериментальное	Расчётное
Аммиак	0,2	61,5 ± 15,4	75,0	24,5 ± 6,1	34,5
Бензол	0,3	39,7 ± 9,9	47,3	16,74 ± 4,2	1,7

Table 1

The value of a single near-surface concentrations of components of landfill gas in the outer air, the share of the maximum single MPC, obtained in different ways

Component of landfill gas	Maximum single MPC [4]	Near the warehouses of the automobile plant		Near the residential complex	
		Experimental	Calculated	Experimental	Calculated
Ammonia	0.2	61.5 ± 15.4	75.0	24.5 ± 6.1	34.5
Benzene	0.3	39.7 ± 9.9	47.3	16.74 ± 4.2	1.7

Таблица 2

Значения среднесуточных концентраций компонентов свалочного газа в воздухе в центре помещения с наветренной стороны, доли ПДК_{сс}, полученные различными способами

Компонент свалочного газа	ПДК _{сс} [4]	Значения, доли ПДК _{сс}	
		Экспериментальное	Расчетное
Аммиак	0,04	32,5 ± 8,1	32,5
Бензол	0,1	10,0 ± 2,5	12,0

Table 2

The average daily concentrations of landfill gas components in the air in the center of the room from the windward side, the proportion of MPC average daily, obtained in various ways

Component of landfill gas	MPC average daily [4]	Values of the share of the average daily MPC	
		Experimental	Calculated
Ammonia	0.04	32.5 ± 8.1	32.5
Benzene	0.1	10.0 ± 2.5	12.0

Теперь проанализируем последствия загрязненности воздуха свалочным газом в застройке. При длительном воздействии на человеческий организм метан способен вызывать асфиксию, изменение кровяного давления и головную боль [5]. Углекислый газ у человека и животных также способен вызывать асфиксию и кроме того возбуждающе действовать на дыхательные центры в головном мозге, что приводит к увеличению частоты и глубины дыхания [6]. Аммиак у людей и животных в больших концентрациях способен вызывать раздражение дыхательных путей, пульмонологические заболевания, тошноту, рвоту, повышенную нервную возбудимость, бессонницу и т.д. Сероводород при длительном вдыхании вызывает головную боль, слезотечение, раздражение в носу, при длительном воздействии — усталость, тошноту, головную боль [5]. Перечисленные симптомы, наблюдаемые у жильцов исследуемого дома, являются наиболее типичными при возникновении синдрома «больного здания». При этом без проведения соответствующих расчетов или замеров будет достаточно трудно установить истинную причину его появления и развития, так как некоторые компоненты свалочного газа не имеют запаха или имеют высокий обонятельный порог чувствительности (кроме аммиака и сероводорода).

Оценить неканцерогенный риск R при хроническом воздействии экотоксикантов можно с помощью беспороговой модели воздействия [4]:

$$R = 1 - 0,84 \frac{bC}{K_3 \text{ПДК}_{cc}}, \quad (17)$$

где C — среднесуточная концентрация загрязняющего вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$; b — коэффициент изоэффективности, величина которого зависит от класса опасности вещества ($b = 2,4$ для 1 класса, $b = 1,31$ для 2 класса, $b = 1$ для 3 класса, $b = 0,86$ для 4 класса); K_3 — коэффициент запаса, величина которого зависит от класса опасности вещества ($K_3 = 7,5$ для 1 класса, $K_3 = 6$ для 2 класса, $K_3 = 4,5$ для 3 класса, $K_3 = 3$ для 4 класса).

Некоторые компоненты биогаза, например бензол, обладают канцерогенным действием. Оценить индивидуальный канцерогенный риск CR которых можно, дополнив построенную математическую модель следующим уравнением [5]

$$CR = 1 - e^{-SF \cdot LADD}, \quad (18)$$

где SF — фактор канцерогенного потенциала, $\text{кг}/\text{день}/\text{мг}$; $LADD$ — среднесуточная доза в течение жизни, $\text{мг}/(\text{кг}/\text{день})$, определяемая как

$$LADD = \frac{c \cdot CR \cdot ED \cdot EF}{365BW \cdot AT}, \quad (19)$$

где c — концентрация вещества в загрязненной среде, $\text{мг}/\text{м}^3$; CR — скорость поступления воздействующей среды (воздуха), $\text{м}^3/\text{день}$; ED — продолжительность воздействия, лет; EF — частота воздействия, дней/год; BW — масса тела человека, кг ; AT — период усреднения экспозиции (для канцерогенов $AT = 70$ лет).

Расчет рисков по имеющимся полям концентраций компонентов биогаза выполнен в программной среде Surfer 11. В качестве примера на рис. 8 и 9 приведе-

ны результаты расчетов для исследуемого помещения с наветренной стороны. При этом для расчета канцерогенного риска, вызванного парами бензола при ингаляционном воздействии, рассматривается среднестатистический абстрактный взрослый житель массой 70 кг, вдыхающий 20 м^3 воздуха в день на протяжении 337 дней в году (предполагается, что отпуск жилец проводит вне дома), проживающий в квартире в течение 70 лет.

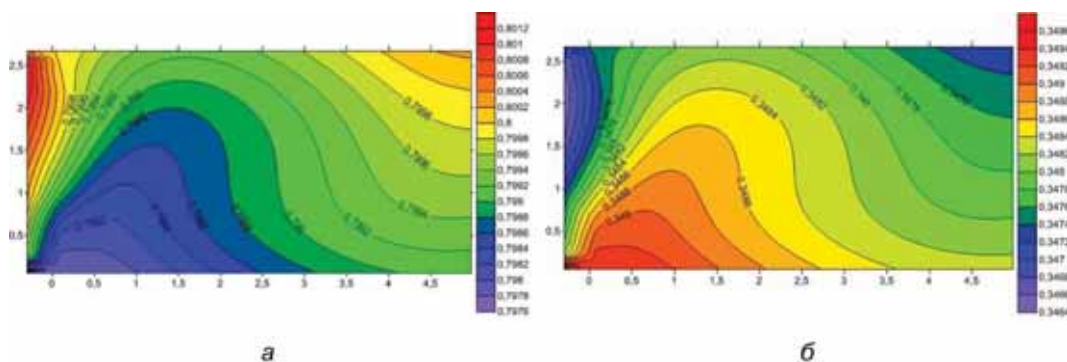


Рис. 8. Распределение неканцерогенного риска при хроническом воздействии аммиака (а) и бензола (б) в помещении с наветренной стороны (центральный разрез вдоль помещения)
[**Figure 8.** Distribution of non-carcinogenic risk in chronic exposure to ammonia (a) and benzene (б) in the room from the windward side (central incision along the room)]

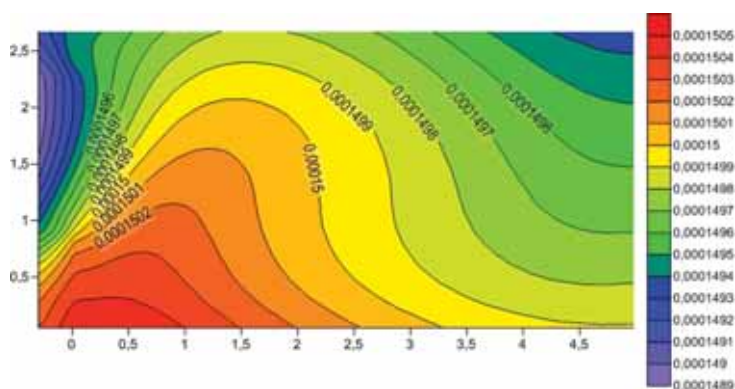


Рис. 9. Распределение канцерогенного риска, вызванного парами бензола при ингаляционном воздействии в помещении с наветренной стороны (центральный разрез вдоль помещения)
[**Figure 9.** Distribution of carcinogenic risk caused by benzene vapors under inhalation exposure in the room from the windward side (central incision along the room)]

В помещении с подветренной стороны диапазон канцерогенного риска допустим для профессиональных групп, но не допустим для жильцов ($10^{-4} < CR < 10^{-3}$) [7]. Диапазон неканцерогенного риска при хроническом воздействии аммиака и бензола не приемлем ни для профессиональных групп, ни для жильцов ($R > 10^{-3}$) [7].

Заключение. В данной работе выполнено прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке. Использование предложенной методики расчета позволяет выявить наиболее загрязнен-

ные места, выполнить оценку экологических последствий загрязненности воздуха, рассчитать величину предельно допустимого выброса (ПДВ), размеров санитарно-защитных зон, что представляет практическую значимость в решении задач экологической безопасности строительства, ЖКХ, общественного здравоохранения.

Список литературы

- [1] Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 06 июня 2017 г. № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».
- [2] Сауц А.В. Обеспечение экологически безопасного воздушного режима зданий, расположенных вблизи полигонов твердых бытовых и промышленных отходов: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2014. 140 с.
- [3] Теворовский Е.И., Терновский И.А. Допустимые выбросы радиоактивных и вредных химических веществ в приземный слой атмосферы. М.: Энергоатомиздат, 1980. 240 с.
- [4] ГН 2.1.6.3492-17. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений.
- [5] Балахчина Т.К. Оценка воздействия свалочного газа с полигонов твердых бытовых отходов на человека // Физиология. Медицина. Экология человека. 2012. № 2. С. 41—57.
- [6] Лазарев Н.В., Левина Э.Н. и др. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей. 7-е изд., пер. и доп.: в 3 т. Т. III. Неорганические и элементарноорганические вещества. Ленинград: Химия, 1977. 608 с.
- [7] Плуготаренко Н.К., Чижова В.И., Петров В.В. и др. Применение методик оценки риска для анализа качества окружающей среды // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 2 (54). URL: <http://www.agps-2006.narod.ru/ttb/2014-3/30-03-14.ttb.pdf> (дата обращения: 25.03.2018).
- [8] Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду.

История статьи:

Дата поступления в редакцию: 14.06.2018

Дата принятия к печати: 30.07.2018

Для цитирования:

Сауц А.В. Прогнозирование экологических последствий загрязненности воздуха свалочным газом в жилой застройке // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 3. С. 354—366. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-354-366

Сведения об авторе:

Сауц Артур Валерьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры маркетинга и социальных коммуникаций ЧОУ ВО «Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики». Контактная информация: e-mail: mining_expert@mail.com; eLIBRARY SPIN-код: 5191-0602

Forecasting the environmental effects of air pollution with landfill gas in residential areas

A.V. Sauts

Saint-Petersburg University of Management Technologies and Economics
44 Lermontovsky prospect, litera A, Saint Petersburg, 190103, Russian Federation

In the article the prediction of ecological consequences of contamination of components of the landfill gas air to a residential building, located on the territory close to the landfill. A method for calculating the dispersion of landfill gas taking into account the influence of the building, based on the numerical solution of differential equations, heat transfer, Reynolds, exponential distribution, supplemented by corresponding models of turbulence, initial and boundary conditions. The technique allows to take into account the spatial heterogeneity of landfills and rolling pins as the source of the pollutant, as well as the process of penetration of polluted air into the interference. Performed software implementation and verification of the method on the example of the range “Novoselki” (Saint Petersburg) and the adjacent warehouse buildings and residential complex for the most unfavourable wind conditions taking into account the averaging over time. The ecological and toxicological analysis of landfill gas taking into account its main components, and also the analysis of carcinogenic and non-carcinogenic risk at chronic influence on the abstract person living in the room in which the air polluted by landfill gas penetrates is carried out. The results can be used to determine the amount of maximum permissible emissions of landfill gas components, the scale moat sanitary protection zones of landfills and dumps, detecting the identification of the most polluted places on the street and indoors, the health risk assessment of residents as a result of chronic action of toxic substances, the syndrome of “sick building” caused by penetration of contaminated air into the room through openings in the walling, the solution of applied problems of ecological safety of construction, housing and communal services and public health.

Keywords: landfill gas, landfill sites, syndrome of “sick buildings”, carcinogen, chronic risk

References

- [1] Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation of June 06, 2017 No. 273 *On approval of calculation methods for dispersion of emissions of harmful (polluting) substances in the atmospheric air.*
- [2] Sauts AV. *Ensuring environmentally safe air regime of buildings located near landfills for solid household and industrial waste* (dissertation of cand. tech. sciences). Saint Petersburg; 2014.
- [3] Teverovsky EI, Ternovsky IA. *Permissible emissions of radioactive and harmful chemicals into the surface layer of the atmosphere.* Moscow: Energoatomizdat Publ.; 1980.
- [4] Hygienic standard GN 2.1.6.3492-17. *Maximum Permissible Concentrations (MPCs) of Pollutants in the Air of Urban and Rural Settlements.*
- [5] Balakhchina TK. Assessment of the impact of landfill gas from solid waste landfills on humans. *Physiology. The medicine. Human ecology.* 2012;(2): 41–57.
- [6] Lazarev N, Levina E et al. Harmful substances in industry. Handbook for chemists, engineers and doctors. 7th ed., trans. and add: in 3 vol. *Vol. III. Inorganic and elemental substances.* Leningrad: Chemistry Publ.; 1977.
- [7] Plugotarenko NK, Chizhova VI, Petrov VV et al. Application of risk assessment techniques for environmental quality analysis. *Technosphere Safety Technologies.* 2014;2(54). <http://www.agps-2006.narod.ru/ttb/2014-3/30-03-14.ttb.pdf> (access date: 25.03.2018).
- [8] Guideline R 2.1.10.1920-04. *Guidelines for assessing the risk to public health from exposed chemicals that pollute the environment.*

Article history:

Received: 14.06.2018

Revised: 30.07.2018

For citation:

Sauts AV. Forecasting the environmental effects of air pollution with landfill gas in residential areas. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(3): 354—366. DOI 10.22363/2313-2310-2018-26-3-354-366

Bio Note:

Arthur Valerevich Sauts — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Marketing and Social Communications Department, Private Educational Institution of Higher Education “Saint Petersburg University of Management Technologies and Economics”. *Contact information:* e-mail: mining_expert@mail.com; eLIBRARY SPIN-code: 5191-0602