

Для хранения, растворения, разбавления и дозирования реагентов для обработки воды необходимо устройство компактного реагентного хозяйства. Наиболее эффективно в заданных условиях применение катионных флокулянтов, которые отличаются малыми дозами (на порядок меньше доз традиционных коагулянтов), плотностью осадка в порах загрузки фильтров, простотой хозяйства.

Чистка загрузок фильтров производится обратной промывкой каждой ступени в отдельности. Причем, фильтры первой ступени могут промываться чаще, чем второй. Промывная вода подводится или от башни, если она есть, или от промывных насосов при отводе фильтрата в резервуар. Сброс грязной промывной воды рекомендуется в систему промканализации.

Экономические расчеты показывают, что при использовании существующей инфраструктуры предприятий и приспособлении имеющихся свободных помещений и сооружений (типа водонапорной башни, резервуаров), то-есть при минимизации капитальных затрат, предложенная технология может быть экономически выгодной. Предприятие может отказаться от закупки питьевой воды по все возрастающим тарифам и быть независимым от поставщиков (водоканалов) с их лимитами водопотребления.

Проектное предложение по предлагаемой технологии разработано для Харьцызского сталепроволочно-канатного завода (ОАО «Силур»).

Библиографический список

1. **Матлак Е.С., Карягин А.В., Романова В.Ю.** О проблеме вовлечения шахтных вод в хозяйственное водоснабжение Донбасса. // Проблемы экологии, 2001. - №1.- С. 3-8.
2. А.С. СССР №971813. Способ очистки воды от взвешенных веществ / Омельченко Н.П., Григорянц Е.И. Опубликовано в «Бюллетне изобретений», 1982. №41.

© Омельченко Н.П. 2004

УДК 628.4

КРАСНЯНСКИЙ М.Е., БЕЛЬГАСЕМ А. (ДонНТУ)

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СВАЛКАМИ ТБО ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Полигоны (точнее, свалки - в нынешнем их виде) твёрдых бытовых отходов (ТБО) значительно ухудшают окружающую природную среду. Нами проведен расчет эмиссии биогаза и сброса ежегодных объёмов фильтрата свалками ТБО городов Донецк и Макеевка. Экспериментально проведен количественный анализ загрязнения токсичными компонентами фильтрата (в том числе тяжелыми металлами) подземных вод и почвы вблизи свалок ТБО. Также нами рассчитано загрязнение атмосферы вследствие горения (тления) свалок ТБО

Полигоны (точнее, свалки - в нынешнем их виде) твёрдых бытовых отходов (ТБО) значительно ухудшают окружающую природную среду. Факторами отрицательного воздействия свалок ТБО на окружающую природную среду являются: выброс «свалочного» газа (биогаза), загрязнение подземных вод и почвы фильтрационными водами (особенно опасны содержащиеся в них тяжелые металлы), распространение болезнетворных бактерий, а также выброс пожарных газов при горении (тлении) свалок.

1. Расчет эмиссии биогаза

Основная эмиссия полигонов ТБО - это так называемый «свалочный газ», содержащий примерно 50-60% CH_4 и 50-40% CO_2 . (Однако в «свалочном газе» содержатся ещё до 1% водорода, 0,5%-1,5% сероводорода, до 0,5% аммиака, а также микроколичества - на уровне ppm или даже ppb - нескольких десятков очень токсичных ароматических и хлорированных углеводородов).

Эмиссия биогаза действующих свалок гг. Донецка и Макеевки (V , $\text{м}^3/\text{год}$) рассчитывалась по формуле [1]:

$$V = \sum V_0 Q e^{-k_1 t}, \text{ где}$$

V_0 – теоретический метанообразующий потенциал ТБО;
 Q – среднее количество поступающих на полигон ТБО, тонн/год;
 k – константа образования метана;
 t – время с момента открытия полигона, лет.

Данные, необходимые для расчета, сведены в таблицы 1 и 2. Что касается компонентного состава суточных карт полигонов, то он определен нашими многомесячными замерами и заметно отличается от состава “исходных” ТБО, поступающих в “дворовые” мусорные контейнеры (см. наши предыдущие исследования [2]).

Табл. 1. Характеристики полигонов ТБО гг. Донецка и Макеевки (на 1.01.2004)

Полигон	Сколько лет действует	Средне-год. приём ТБО (т)	Пло-щадь рабочего тела, га	Глуби-на, м (сред.)
Ларинский	11 (с 1993 г.)	135000	20	15
Чулковский	25 (с 1979 г.)	40000	3,1	6
Петровский	32 (с 1972 г.)	44000	3,5	10
Макеевский	42 (с 1962 г.)	112000	11	25

*Насыпная плотность поступающих ТБО принимается 0,25 т/м³

Табл. 2. Средний компонентный состав полигонов ТБО г. Донецка

Компоненты	мас. %	k	V_0 (ср.) нм ³ /т ТБО
Пищевые отходы	26	0,35	250
Бумажные отходы	14	0,1	150
Дерево, ветки, листья	10	0,1	140
Металл	4	-	-
Текстиль	3	0,05	100
Стекло	9	-	-
Пластмасса, кожа, резина	11	0,01	60
Камни	3		
Отсев*	20	-	-

*) Около 1/3 отсева имеет органическую природу

Интересно, что динамика размножения микробных клеток в органической биомассе описывается кривой, аналогичной рис. 1 [3].

Нами измерена эмиссия “свалочного газа” из тела Макеевского полигона ТБО с помощью автоматического автономного газоанализатора “МХ-21-Plus” - см. рис. 2.

Как видно из рис. 2, эмиссия “свалочного газа” невелика (что хорошо коррелирует с возрастом данного полигона), а его относительный состав следующий: CO₂ - 69%, CH₄ - 31%.

Были также отобраны образцы “остаточных” ТБО с нижних слоев полигона, на глубине 20-25 м, что соответствует давности складирования данных слоев ТБО в примерно 25-30 лет. В отобранных образцах были определены количества влаги (прогрев при 105°С) и органических компонентов (прокаливание при 700°С). Средний результат из трех образцов таков: влажность - 5,1%, содержание органических компонентов - 13,5%. Таким образом, за 25-30 лет произошла глубокая минерализация ТБО, связанная с глубокой биодegradацией их органической части.

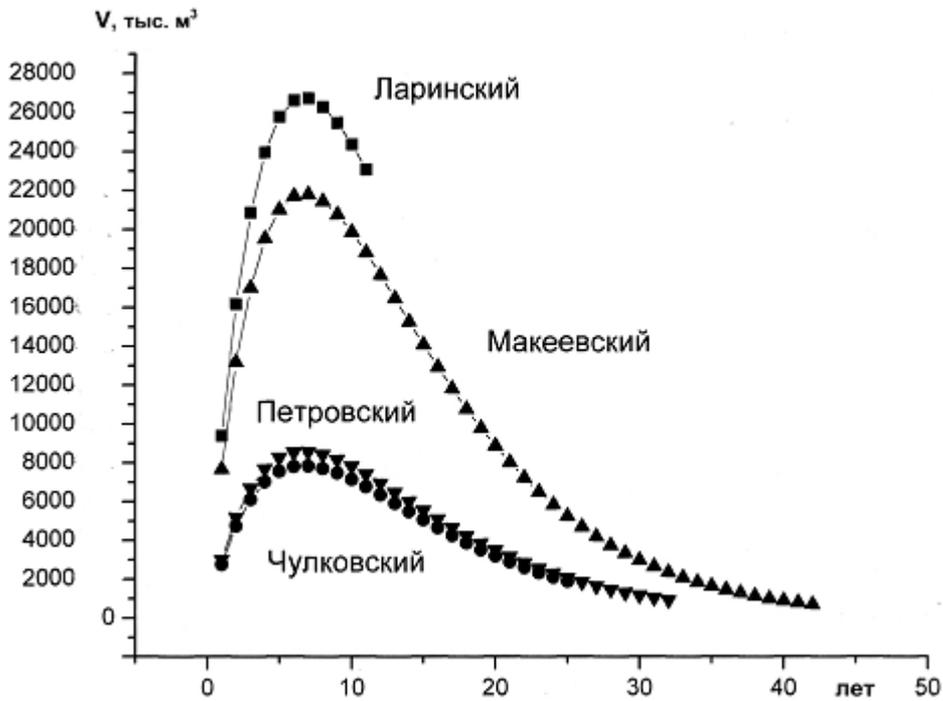


Рис. 1. Расчетная (теоретическая) динамика эмиссии «свалочного газа» для полигонов ТБО гг. Донецк и Макеевка

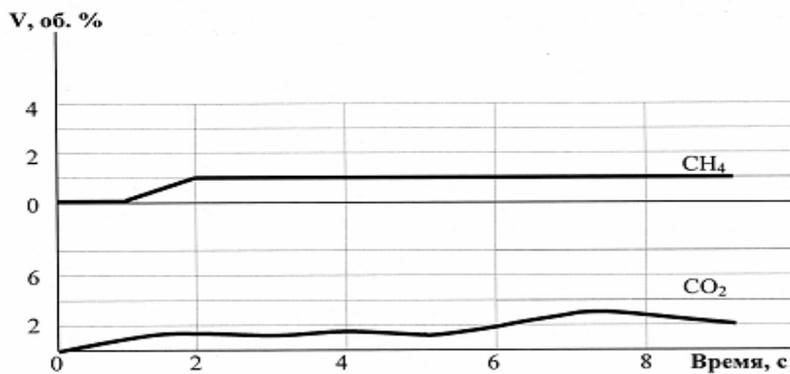


Рис. 2. Измерение эмиссии «свалочного газа» ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) из тела Макеевского полигона ТБО (возраст - 42 года)

2. Для изучения опасности превышения санитарных норм по метану в воздухе рабочей зоны полигонов, а также опасности взрыва метана - нами проведен дополнительный расчет эмиссии биогаза; формула для расчета получена обобщением ряда работ по этой проблеме [3]:

$$G = 0,77 \cdot 1/3 [q \cdot 2(1 + 0,1h + 0,066\alpha) / h], \text{ где}$$

G - объёмная концентрация биогаза в газовой смеси, %;

q - удельный выход биогаза с площади полигона, $\text{м}^3/\text{сек} \cdot \text{м}^2$;

h - высота «расчетной точки» над поверхностью полигона, м;

α - угол наклона прямой, находится из выражения:

$$\text{tg}(\alpha/2) = 0,3h;$$

Концентрация метана (C_m , %) в воздухе над поверхностью полигона находится по формуле

$$C_m = G \cdot D, \text{ где } D - \text{доля метана в биогазе.}$$

Расчет показал, что для полигонов гг. Донецка и Макеевки в годы их максимальной активности (см. рис. 1) выход биогаза с 1 м² поверхности полигона составлял примерно 0,15 м³/сутки, что создавало концентрацию метана на высоте 1 м от поверхности свалки около 200 мг/м³. Эта концентрация находится на границе допустимой с точки зрения санитарных норм. Величины ПДК по метану в Украине не утверждены, однако для стран СНГ имеется "ориентировочно-безопасный уровень воздействия" (ОБУВ) - 50 мг/м³ для воздуха населённых мест и 200 мг/м³ для воздуха рабочей зоны, в частности, для зоны свалки ТБО. Что касается опасности взрыва метано-воздушной смеси, то во взрывоопасную область 5-15 объ.% расчетная концентрация метана (200 мг/м³) не попадает.

Кроме того, нами измерен "макросостав" атмосферы над свалками ТБО - см. табл. 3. Количественные определения проводились по методикам, изложенным в [4].

Табл. 3. Состав атмосферы над поверхностью (1 м) полигонов ТБО гг. Донецка и Макеевки, мг/м³

Параметр	Ларинская январь 2004 г.	Петровская март 2004 г.	Чулковская май 2004 г.	Макеевская март 2004 г.	ПДК (макс. раз.)
Пыль	0,3	0,5	0,6	0,8	0,5
H ₂ S	0,003	0,053	0,05	0,01	0,008
NH ₃	0,023	нет	0,04	0,013	0,2
NO ₂	0,052	0,05	0,06	0,09	0,085
SO ₂	0,018	0,05	0,012	0,14	0,5
CO	0,7	5,6 (тление)	1,6	6,1 (тление)	5,0

Как видно из табл. 3, в целом ПДК атмосферы находится близко к норме (или чуть за пределами), однако при наличии очагов горения (Макеевская свалка) содержание в воздухе диоксида азота и особенно оксида углерода резко возрастает и заметно выходит за пределы ПДК; также заметно растут показатели пыления и содержания SO₂.

3. Количество фильтрата

Очевидно, что количество фильтрата V_ф, которое может образоваться в рабочем теле полигона (свалки), зависит, в основном, от суммы годовых атмосферных осадков (P) данного региона, их испаряемости (I) и поглощения воды рабочим телом полигона (W) (см., например, [5]); однако нами добавлено в эту формулу еще одно слагаемое - R:

$$V_{\phi} = [(P - I - W - F) \cdot S \cdot 10^{-3}] + R \text{ (м}^3\text{/год), где}$$

V_ф – количество фильтрата, м³/год;

P – количество атмосферных осадком, мм/год-кв.м;

I – испаряемость, мм/год-кв.м;

W – поглощение воды рабочим телом свалки, мм/год-кв.м;

F – количество стока, мм/год-кв.м;

S – площадь рабочего тела полигона, м²;

R – количество воды, образующееся внутри рабочего тела полигона при биодegradации ТБО, м³/год: на 1000 м³ естественной эмиссии биогаза образуется ~0,3 м³ (тонн) H₂O.

Для условий Донецка по данным облгидрометеослужбы можно принять:

Табл. 4. Характеристика атмосферных осадков для г. Донецка

Параметр	Величина (мм*)
P	500**
I	200
W	100
F	10

*1 мм = 10 т/га ;

**Среднегодовое для Донецка за 2000 - 2002 гг.

Из рис. 1 находим, что, например, для Чулковского полигона параметр R равен в среднем 1800 м³/год. Площадь Чулковского полигона - 3,1 га; тогда для него полный **объём фильтрата** равен:

$$V_{\phi} = [500 - 200 - 100 - 10] = 190 \times 3,1 \times 10^4 \times 10^{-3} = 5890 + 1800 = \mathbf{7690 \text{ м}^3/\text{год}}$$

К сожалению, ни на одном полигоне ТБО Донецкой обл. фильтрат не собирается (именно поэтому и по ряду других признаков это фактически не полигоны, а свалки).

4. Состояние подземных вод

Нами изучен состав подземных вод, отобранных из скважин в районах полигонов гг. Донецка и Макеевки - см. табл. 5-7. Количественный анализ производился по методикам [6, 7]. Глубина отбора из скважин составляла 10-15 м.

Табл. 5. Содержание неорганических и органических соединений в подземных водах в районе полигонов ТБО гг. Донецк и Макеевка, мг/дм³

Компоненты → (в-ва и ионы)	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	Фенолы	Нефтепродукты	СПАВ*
ПДК →	45	2,0	3,3	3,5	0,1	0,3	0,01
Место отбора							
Петровский	19,4	1,8	1,1	1,6	0,01	0,1	0,03
Ларинский	2,2	1,9	0,9	*	0,01	0,1	0,03
Чулковский	18,6	2,6	9,4	2,6	0,01	0,15	0,01
Макеевский	81,5	4,8	2,1	2,1	0,03	0,2	0,02

*Синтетические поверхностно-активные вещества

Табл. 6. Содержание неорганических анионов и катионов в подземных водах в районе полигонов ТБО гг. Донецк и Макеевка, мг/дм³

Компонент →	Жесткость, мг-экв	Взвеш. в-ва, мг/дм ³	pH	БПК ₅ , мг/дм ³	НСО ₃ ⁻ , мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Cl ⁻ , мг/дм ³	Ca ²⁺ , мг/дм ³	Mg ²⁺ , мг/дм ³	Na ⁺ + K ⁺ , мг/дм ³	Сухой остат., мг/дм ³
ПДК →	10	11	6-9	15	нет	500	350	180	40	200	1000
Ларинский											
Петровский	14,9	8,9	7,7	5,4	574,2	798,6	344,7	220	66,8	300,8	1890,6
Чулковский	16,1	11,1	8,0	26,6	408,8	887,8	180,0	177	88,9	284,5	2003,4
Макеевский	23,7	12,3	7.64	13,6	484,2	893.8	288.8	252	131.2	327.6	2385

Из табл. 5-7 следует, что загрязнение подземных вод весьма велико и по большинству показателей превышает ПДК.

5. Состояние почвы

Как видно из табл. 5-7 наибольшее загрязнение подземных вод имеет место в районе Чулковского полигона (точнее, свалки) ТБО. Поэтому представляло интерес исследовать состояние почвы в пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ) именно Чулковского полигона ТБО - см. рис. 4. Анализ осуществлялся по методикам [8, 9].

Как следует из рис. 3, засоленность почвы вокруг Чулковского полигона растет, а содержание сероводорода и некоторых тяжелых металлов - всё же уменьшается.

Табл. 7. Содержание металлов в подземных водах в районе полигонов ТБО г. Донецк и Макеевка, мг/дм³

Металл →	Cr ⁺³	Fe	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Mo	Pb	Hg	Al	Cd
ПДК →	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	1,0	1,0	0,25	0,03	0,005	0,50	0,001
Место отбора ↓												
Петров-ский	0,055	0,4	0,1	0,05	0,2	0,3	0,8	0,01	0,02	Нет	0,33	0,001
Ларин-ский	0,074	0,62	0,1	0,06	0,1	0,2	0,5	0,01	0,01	Нет	0,1	0,001
Чулков-ский	0,071	2,9	0,2	0,1	0,3	1,0	2,2	0,1	0,15	0,02	0,5	0,003
Макеев-ский	0,12	0,38	0,1	0,02	0,1	0,1	0,4	0,01	0,01	нет	0,3	0,001

6. Горение (тление) свалок ТБО

Если это тление с недостатком воздуха, то основными пожарными газами будут CO, H₂S, NH₃, NO, H₂, а также низкомолекулярные углеводороды - этан, этилен, ацетилен. При поверхностном горении (без недостатка воздуха) - основные продукты - это CO₂, NO₂, SO₂, частично CO и сажа. Однако более строгий расчет предельно допустимого выброса Мпдв (г/с), т.е. количество вредного вещества, выделяемого источником в единицу времени, которое, рассеиваясь в атмосфере, при неблагоприятных погодных условиях будет создавать в приземном слое (на высоте 2 м от поверхности земли) концентрацию, равную предельно допустимой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе Спдк_{а.в.} (с учетом фоновой концентрации Сф), можно определить по формуле [10]:

$$M_{\text{ПДВ}} = \frac{(C_{\text{ПДК}_{\text{а.в.}}} - C_{\text{ф}}) H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{A F m n \eta}$$

где С_м— максимальная приземная концентрация вредных веществ при выбросе нагретой газовой смеси из одиночного (точечного) источника с устьем круглого сечения при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии X (м) от источника (с учетом фоновой концентрации, создаваемой другими выбросами), мг/м³; М - количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с; А - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе (А == 140-250 в зависимости от географического района расположения); F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе для газов F=1, для аэрозолей F = 2-3); m, n — безразмерные коэффициенты, зависящие от условия истечения газовой смеси и формы устья источника выброса (m = 0,8-1,4, n = 1-2, причем, чем больше диаметр трубы, тем меньше m и n); Ю-коэффициент, учитывающий рельеф местности выброса (если он «спокойный», т. е. разность отметок на расстоянии 1 км от места выброса не превышает 50м, Ю = 1); Н - высота источника выброса (трубы) над уровнем земли, м; V - объем газовой смеси, м³/с; ΔТ - разность температур выбрасываемой газовой смеси Т_г и окружающего воздуха Т_в (°С).

Расстояние от места выброса до места образования максимальной приземной концентрации вредных веществ X_м (м) можно рассчитать по формуле:

$$X_m = \frac{5-F}{4} dH, \text{ где:}$$

d - безразмерный коэффициент; при выбросах до 10 куб.м/с $d = 4-5$; значения F и H - см. в предыдущем абзаце. В случае наличия нескольких источников выброса, можно также обозначить некую «зону влияния» на расстоянии L от источника выброса, наиболее близкого к жилью:

$$L = R_0 \times P_1/P_0 \text{ (м) , где}$$

R_0 – радиус СЗЗ, м;

P_1 – вероятность ветра в направлении жилой застройки;

P_0 – вероятность ветра по розе ветров.

Нами рассчитано рассеивание пожарных газов при тлении очагов на полигоне ТБО рассчитано по формуле (1) при следующих допущениях:

-на полигоне (свалке) имеется три источника горения;

-дымовые газы условно выбрасываются из дымовой трубы диаметром 0,3 м и высотой 2 м;

-количество сгоревших ТБО - для источников № 1-2-3 составляют 0,5-1-1,5 куб.м/час соответственно.

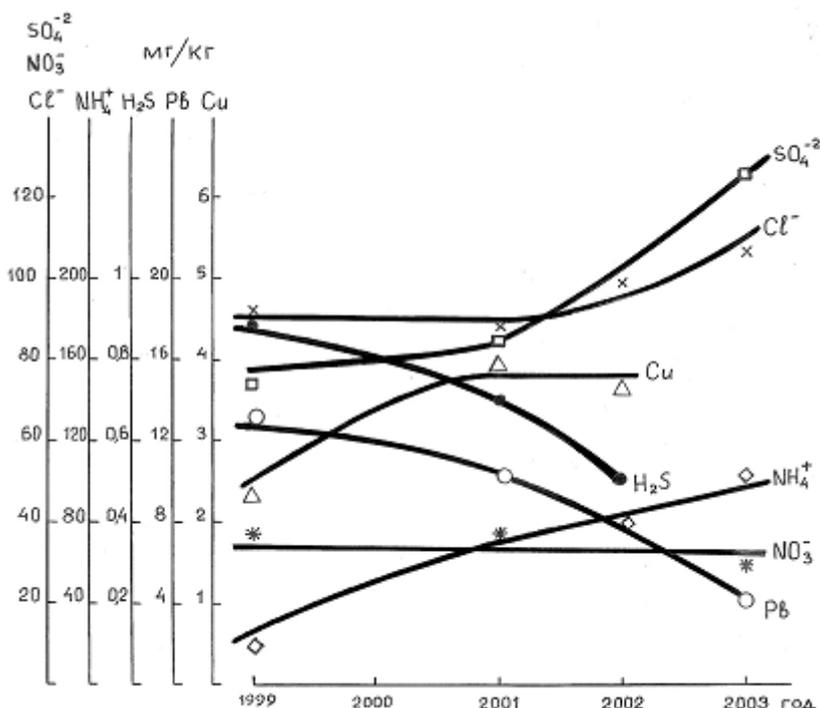


Рис. 3. - Динамика содержания вредных металлов и ионов в почве на границе СЗЗ (500 м) Чулковского полигона ТБО г. Донецка

Как видно из рис. 4, даже за границей СЗЗ (линия 6) концентрация одного из самых токсичных компонентов пожарных газов - диоксида азота - значительно превышает один ПДК: линия 9 имеет концентрацию в 4,74 ПДК.

Таким образом, в нынешнем состоянии полигоны (точнее. чвалки) ТБО гг. Донецка и Макеевки представляют существенную экологическую угрозу городской природной среде - и атмосфере. и подземным водам, и почве.

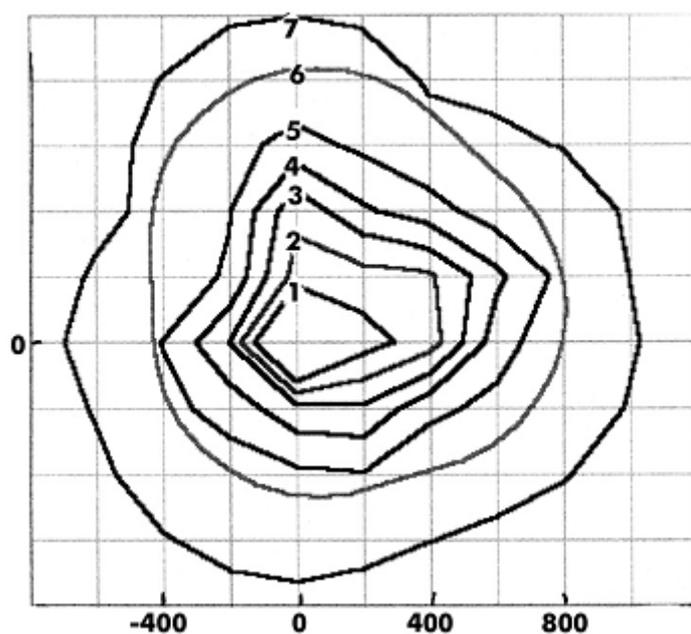


Рис 4. Рассеивание пожарных газов (NO_2) в границах СЗЗ (500 м) при горении свалки ТБО 1- 31,01 ПДК; 2 - 25,76 ПДК; 3 - 20,50 ПДК; 4 - 15,25 ПДК; 5 - 9,99 ПДК; 6 - граница СЗЗ; 7 - 4,94 ПДК

Библиографический список

1. **Gendebien A. and others.** Landfill gas. - Comission of the European Communities. - Brussels, 1992. – 865 p.
2. **Краснянский М.Е., Бельгасем А., Калинихин О.Н.** Изучение потоков вторичного сырья в ТБО г. Донецка - Сборник докладов II международной конференции «Экология и научно-технический прогресс». - Пермь: ПГТУ, 2003. - С. 150-155.
3. **Материалы 3-го Международного Конгресса по управлению отходами «Waste-Tech».** - Москва: Сибико, 2003 г. – 588 с.
4. **Руководство по контролю загрязнения атмосферы.** РД 52.04.186-89. - Москва, 1991. - 368 с.
5. **Вайсман Я.И., Коротаев В.Н., Петров В.Ю.** Управление отходами, захоронение твердых бытовых отходов. – Пермский гос. техн. ун-тет, 2001 г. – 133 с.
6. **ГОСТ 2874-82.** Вода питьевая.
7. **СанПиН** “Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения” № 383 от 23.12. 1996.
8. **ГОСТы 26483-85 - 26490-85.** Почвы. - М.: Изд. Госстандарта, 1982.
9. **Методы определения химических веществ в почве.**- М.:Изд. Минздрава СССР, 1985. - 230 с.
10. **Ливчак И.Ф.** Инженерная защита и управление развитием окружающей среды. – Москва: Колос. – 2001. – 159 с.

© *Краснянский М.Е., Бельгасем А. 2004*