

УДК 550.832.6: 66.074.331

А.И.ГРЕСОВ, А.В.ЯЦУК, А.И.ОБЖИРОВ

## Генезис и эмиссия окиси углерода на полигоне ТБО «Владивостокский»

*Приведена характеристика распределения окиси углерода в верхнем горизонте свалочного грунта полигона ТБО «Владивостокский». Установлена взаимосвязь концентраций окиси углерода в верхнем горизонте и термического состояния полигона. Выделено пять изотермических блоков с различными концентрациями окиси углерода. Рассчитаны показатели эмиссии окиси углерода в атмосферу. Приведены основные рекомендации по снижению газовыбросов и утилизации свалочных газов.*

*Ключевые слова:* свалочный грунт, температура, изотермы, термические зоны, окись углерода, эмиссия.

**Genesis and emission of carbon monoxide at «Vladivostoksky» Solid Domestic Wastes.** A.I.GRESOV, A.V.YATSUK, A.I.OBZIROV (V.I.Ilichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok).

*The paper contains some data on distribution of carbon monoxide in the upper horizon of the landfill grounds of «Vladivostoksky» Solid Domestic Wastes. A direct interdependence between carbon monoxide concentration in the upper horizon and thermal conditions of the landfill grounds is established. Emission of carbon monoxide is estimated provisionally.*

*Key words:* landfill ground, temperature, isotherm, thermal block, carbon monoxide, emission.

В пределах п-ова Муравьев-Амурский одним из основных постоянных источников выброса окиси углерода (СО) является полигон твердых бытовых отходов (ТБО) «Владивостокский», где отмечается круглогодичное тление и горение свалочного тела (рис. 1). Практически весь шлейф («факел») с продуктами горения полигона, в том числе СО, расположен в нижнем слое тропосферы – 0–3 км. Установленная зона «факельного» влияния составляет более 100 км. Важно исследовать компоненты газовыбросов, представляющих серьезную опасность для рабочего персонала полигона и расположенных рядом заселенных территорий.

Поскольку в Приморье исследования эмиссии СО в нижний тропосферный слой по международным программам не проводятся, целью работы являлись изучение образования СО, количественная оценка ее эмиссии, разработка рекомендаций по снижению опасности складирования ТБО и консервации полигона и как следствие – решение задач по улучшению экологического состояния воздушной среды в рамках государственной программы подготовки саммита стран Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества во Владивостоке в 2012 г.

### Методы исследований

Использовался комплексный подход, включающий термометрические исследования свалочных грунтов приповерхностного горизонта полигона в шпурах и скважинах, метод газовой съемки, хроматографические и газоаналитические работы, разработанный в лаборатории газогеохимии ТОИ ДВО РАН.

ГРЕСОВ Александр Иванович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ЯЦУК Андрей Вадимович – младший научный сотрудник, ОБЖИРОВ Анатолий Иванович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева ДВО РАН, Владивосток). E-mail: obzhirov@poi.dvo.ru



Рис. 1. Спутниковый снимок полигона ТБО «Владивостокский» (обведен черной линией). <http://maps.google.com/?ie=UTF8&ll=43.134752,132.042832&spn=0.0145,0.042315&t=h&z=15>

Измерения, обработка результатов обследования и оценка эмиссии СО проводились в соответствии с действующими ГОСТами и нормативно-методическими документами Росгидромета и Санэпиднадзора и опыта аналогичных работ в России [1–3, 6, 7].

Шпуровая съемка грунтового газа и скважинные исследования на полигоне проводилась по относительно регулярной сети наблюдений в масштабе 1 : 2000, на участках детализации в масштабе 1 : 500 в шпурах диаметром 50 мм, глубиной 0,5–0,7 м и в пробуренных ранее скважинах; термометрические исследования – во всех точках газовой (шпуровой) съемки и скважинах (рис. 2). Хроматографические

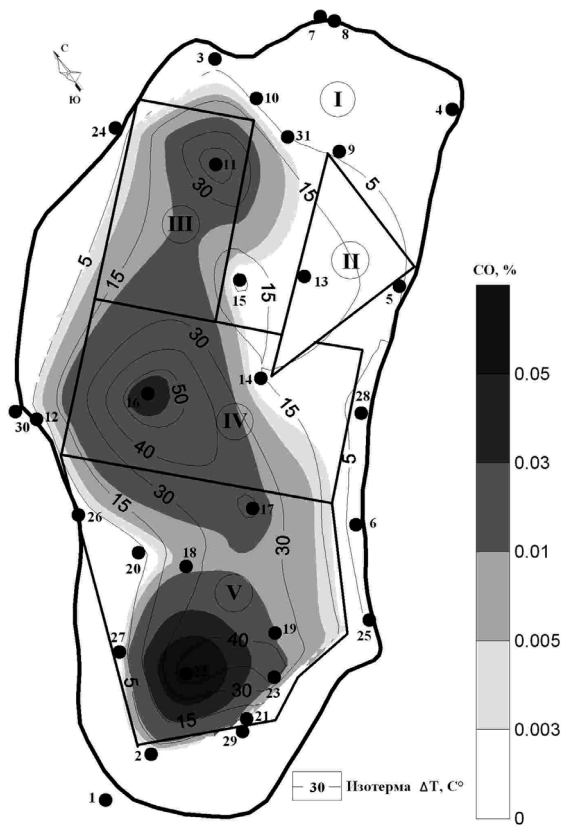


Рис. 2. Схема распределения концентраций СО и термического состояния верхнего горизонта свалочных грунтов полигона. Отмечены точки термогазогеохимических исследований; сплошная черная линия – рабочий контур (отвалов) полигона

и газоаналитические исследования выполнялись на хроматографе «КРИСТАЛЛЮКС-400 М» в аттестованной лаборатории газогеохимии ТОИ ДВО РАН (Свидетельство № 12, выдано 10.04.2009 г. ФГУ «Приморский ЦСМ», ПС 1. 010-09).

### Оценка эмиссии окиси углерода в атмосферу

Оценка эмиссии СО в атмосферу проведена на основе фактического материала и опыта аналогичных авторских работ по эмиссии парниковых газов в Угловском угольном бассейне в 2002–2005 гг. [2, 3] в соответствии с действующими нормативными документами и методиками [4, 5].

Расчет годовой эмиссии СО определялся по уравнению:

$$Q = J_{\text{уд}} \cdot C_{\text{со}} \cdot S_{\text{бл}}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{со}}$  – концентрации СО в газовой смеси, мг/м<sup>3</sup>;  $S_{\text{бл}}$  – площадь блока (полигона), м<sup>2</sup>;  $J_{\text{уд}}$  – удельное выделение газа с 1 м<sup>2</sup>, определяемое выражением:

$$1 \text{ м}^2 \cdot J_{\text{шп}} : K S_{\text{шп}}, \quad (2)$$

где  $J_{\text{шп}}$  – дебит газа из шпура;  $S_{\text{шп}}$  – площадь сечения шпура, м<sup>2</sup>;  $K$  – коэффициент дренирования, полученный экспериментально, равный 3 [5, 6].

В качестве примера приводится расчет  $Q$  блока II.

Исходные параметры и расчет:

$S_{\text{шп}} = \pi R^2 = 3,14 \cdot (0,025)^2 = 0,00196 \text{ м}^2$ ;  $J_{\text{шп}}$  среднее по блоку – 0,00008 м<sup>3</sup>/мин; тогда  $J_{\text{уд}} = 1 \text{ м}^2 \cdot 0,00008 : 3 (0,00196) = 0,0136 \text{ м}^3/\text{мин}/\text{м}^2$ .

$C_{\text{со}} = 8,7 \text{ мг}/\text{м}^3$ ; тогда выделение СО с 1 м<sup>2</sup> составит  $0,0136 \cdot 8,7 = 0,1184 \text{ мг}/\text{мин}/\text{м}^2$ , или 62,2 г/год/м<sup>2</sup>.

$S_{\text{бл}} = 3000 \text{ м}^2$ , тогда  $Q_{\text{со}}$  составит по блоку  $62,2 \cdot 3000 = 0,19 \text{ т}/\text{год}$ .

Минимальными значениями эмиссии СО из верхних слоев свалочного грунта характеризуется восточная часть полигона (см. таблицу) (9,44 т/год); максимальными – западная (100,61 т/год), промежуточное положение занимает центральная часть полигона (47,46 т/год).

Суммарная эмиссия окиси углерода из верхних слоев свалочного грунта полигона ТБО «Владивостокский» составляет 157,5 т/год. Оценка не учитывала эмиссию в атмосферу окиси углерода, образованного в процессе горения продуктов свалки на ее поверхности в западной части полигона (рис. 1, 2). Установлено, что эмиссия окиси углерода негативно влияет на состояние воздушного бассейна п-ова Муравьев-Амурский и представляет серьезную угрозу для рабочего персонала полигона.

### Распределение окиси углерода и термический режим полигона

В качестве термического параметра принят показатель разности  $\Delta T = (T_z - T_v)$ , где  $T_z$  – замеренная температура в шпуре на глубине 0,5 м;  $T_v$  – температура приземной атмосферы. Значения показателя  $\Delta T$  в пределах земельного отвода полигона варьируют от 0 до 65°C.

В подпочвенном слое и грунтах вне рабочего контура полигона отсутствует окись углерода, показатели  $\Delta T$  равны нулю (см. таблицу).

Установлен термогенезис окиси углерода с температурным порогом  $\Delta T$  ее значимого образования (более 5 мг/м<sup>3</sup>), в свалочных грунтах в среднем по полигону равным 17°C.

### Рекомендации

Для снижения объема эмиссии СО в атмосферу и газобезопасности рекомендуется проведение следующих инженерно-экологических мероприятий:

на период эксплуатации до закрытия полигона организовать термогазогеохимический мониторинг с целью предотвращения возникновения очагов открытого горения свалочных грунтов. При возникновении критических температур орошать грунт;

### Результаты определения термического состояния свалочных грунтов и концентрации СО

№ точки	Площадь блока, м <sup>2</sup>	Удельное выделение СО, м <sup>3</sup> /мин/м <sup>2</sup>	Эмиссия СО, т/год	ΔТ, °С	СО, % об.	СО, мг/м <sup>3</sup>	Дебит газа из шпуров, м <sup>3</sup> /мин
Точки контура складирования (нижний край бортов отвалов)							
1		0		0	0	0	0
2		0		1	0	0	0,02
8		0		1	0	0	0
7/4		0		1	0	0	0
4		0		0	0	0	0
12		0		0	0	0	0
24		0		0	0	0	0
26		0		0	0	0	0
27		0		0	0	0	0
29/1		0		0	0	0	0
30		0		0	0	0	0
Восточная часть полигона – блок I							
3		0		3	0	0	0,00004
9		0		4	0	0	0,00072
10		0		2	0	0	0,00048
15		0		1	0	0	0,00004
31		0		4	0	0	0,00184
По блоку	8200		0				
Восточная часть полигона – блок II							
5				6	0,0012	15	0,00003
13				30	0,0009	11,2	0,00017
14				15	0,0000	0,0	0,00003
По блоку	3000	0,124	0,19			8,7	0,00008
Восточная часть полигона – блок III							
11				52	0,0248	312	0,00007
По блоку	4500	3,93	9,25			312	0,00007
Центральная часть полигона – блок IV							
16				65	0,0372	468	0,00011
17				42	0,0124	155	0,00020
По блоку	10800	8,36	47,46			312	0,00015
Западная часть полигона – блок V							
18				27	0,0072	90	0,00018
19				38	0,0096	120	0,00036
22				48	0,0940	1175	0,00046
23				46	0,0124	155	0,00016
По блоку	9600	51,79	100,60			385	0,00029
Итого			157,5				

на период консервации провести последовательную рекультивацию территории полигона с одновременным строительством газодренажных систем для дегазации свалочного тела;

для экстракции окиси углерода и других компонентов свалочного газа (СГ) на полигоне использовать следующую принципиальную схему: бурение сети вертикальных газодренажных скважин, соединяющихся линиями газопроводов (рис. 3), в которых компрессорная установка создает разрежение, необходимое для транспортировки СГ до места использования; установка газосборного пункта, предназначенного для принудительного извлечения СГ.

Сооружать газодренажную систему можно как целиком на всей территории полигона ТБО после окончания его эксплуатации (исходя из зарубежного опыта), так и на отдельных участках (рис. 4).



Рис. 3. Рекомендуемая схема комплексной утилизации свалочных газов, применяемая в США (Landfill Methane Outreach Program, 2006 г.)



Рис. 4. Дегазационные скважины на закрытых полигонах ТБО США (Landfill Methane Outreach Program, 2006 г.)

### Заключение

Образование окиси углерода связано с термическими процессами разложения твердых бытовых отходов в свалочном теле полигона. Проведенные исследования позволили установить температурный порог  $\Delta T$  образования СО в свалочных грунтах полигона – в среднем  $17^{\circ}\text{C}$ . Концентрации и удельное выделение СО повышаются от восточной к западной части полигона – к очагу горения.

Подсчитанная годовая эмиссия окиси углерода из верхних слоев свалочного грунта даже без учета очагов открытого горения составляет 157,5 т/год.

Это говорит о том, что эмиссия окиси углерода оказывает существенное влияние на загрязнение воздушного бассейна п-ова Муравьев-Амурский, а с учетом местных климатических условий и географического расположения полигона представляет серьезную угрозу не только для рабочего персонала, но и для жителей близлежащего поселка и даже для проезжающих по трассе автомобилистов. Рекомендуется организовать термогазогеохимический мониторинг на полигоне.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бачурин Б.А., Борисов А.А., Бабошко А.Ю. Современные подходы к проведению газогеохимических исследований при решении нефтепоисковых и геоэкологических задач // Горн. эхо: Вестн. Горн. ин-та. Пермь, 2007. № 2 (28). С. 33-38.
2. Гресов А.И., Обжиров А.И., Курьянов А.В. Результаты экологического обследования полей шахт Капитальной и № 5 Тавричанского б/у месторождения // Отчет о НИР. Фонды ПримЦЭМ. Инв. № 41. Владивосток, 2005. 72 с.
3. Гресов А.И., Обжиров А.И., Курьянов А.В. Результаты экологического обследования полей шахт Озерной, Амурской, Приморской, Дальневосточной Артемовского б/у месторождения // Отчет о НИР. Фонды ПримЦЭМ. Инв. № 42. Владивосток, 2005. 161 с.
4. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов / Акад. коммунал. хоз-ва им. К.Д.Памфилова. М., 2004. 248 с.
5. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов // Экол. вестн. России. 2006. № 1. С. 31-39.
6. Методические рекомендации по проведению инженерно-экологических изысканий для целей рекультивации существующих свалок и проектирования вновь организуемых полигонов захоронения твердых бытовых отходов. М.: ПНИИИС Госстроя России, 1998. 224 с.
7. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М., 1997. 72 с.