

# ПАССИВНАЯ ДЕГАЗАЦИЯ ПОЛИГОНОВ.

## ОПЫТ ПОЛИГОНА «САЛАРЬЕВО»

В последние годы предъявляются повышенные требования к качеству атмосферного воздуха. В частности, люди, проживающие в непосредственной близости от полигонов захоронения ТКО, не готовы мириться с неприятными запахами, так как это существенно снижает качество их жизни. Соблюдение норм выбросов загрязняющих веществ в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) отсутствия неприятных запахов не гарантирует. Данный факт определяет необходимость организации мероприятий по защите населения от дурнопахнущих выбросов как действующих, так и рекультивируемых полигонов ТКО.

### ПОЛИГОН ТКО КАК ИСТОЧНИК ЗАПАХА

В процессе складирования ТКО в теле полигона в условиях недостатка кислорода, повышенной температуры и влажности происходит естественное анаэробное разложение органических отходов. Конечным продуктом этого процесса является свалочный газ, биогаз – смесь метана (50–75 %) и углекислого газа (25–50 %) с небольшим количеством дурнопахнущих примесей (фенол, формальдегид, аммиак, сероводород и пр.). В среднем газогенерация в свалочном теле продолжается в течение 10–50 лет.

Процесс разложения органической составляющей отходов включает две фазы – аэробную и анаэробную деструкцию. В аэробных условиях протекают процессы гидролиза и окисления пищевых отходов. Ориентировочная продолжительность аэробного процесса составляет от 10 до 15 дней. По мере уплотнения и увеличения количества отходов в теле полигона начинаются анаэробные процессы. Можно выделить следующие фазы анаэробной биодеструкции отходов:

- гидролиз – биодеструкция полимеров до коротких фрагментов и мономеров;
- ацетогенез – дальнейший распад с образованием уксусной кислоты, углекислого газа и водорода;

- метаногенез, синтез биогаза – ферментативное разложение образованных в ацетогенной фазе кислот, которое сопровождается значительным выделением газов (метана, углекислого газа, меркаптанов, аммиака и др.);

- снижение биологической активности;
- полная ассимиляция.

Анаэробный процесс начинается на этапе эксплуатации полигона и проходит несколько стадий развития (**таблица ► стр. 55**).

Образование свалочного газа в теле полигона зависит от многих факторов, о которых известно не все. Например, невозможно однозначно определить следующие показатели:

## СТАДИИ РАЗЛОЖЕНИЯ ОТХОДОВ В АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ

Стадии разложения отходов	Продолжительность
Адаптационная стадия (начало процесса метаногенеза)	От 2 до 7 лет
Стадия экспоненциального развития (до максимального выхода биогаза)	От 12 до 17 лет
Стабилизационная стадия (постоянное выделение биогаза)	От 25 до 30 лет
Затухание анаэробных процессов (снижение потока биогаза до безопасных концентраций метана)	До 50 лет
Стадия биологической инертности	–

- долю биогенного вещества в ТКО, образующегося при разложении свалочного газа, в годовом объеме;
- долю органических отходов;
- период анаэробного полураспада отходов;
- водный баланс;
- влажность отходов.

В качестве микропримесей в состав свалочного газа могут входить десятки различных органических соединений, суммарное содержание которых обычно не превышает долей процента и в общем случае зависит от морфологического состава ТКО. Однако при очень незначительных концентрациях данные примеси могут давать сильный запах. Пороги восприятия разных запахов человеком сильно отличаются, например порог обнаружения сероводорода составляет  $0,76 \text{ мкг/м}^3$ , метилмеркаптана –  $0,003 \text{ мкг/м}^3$ .

Неприятный запах от полигонов захоронения отходов обусловлен наличием таких компонентов, как сероводород, органические соединения серы (меркаптаны), различные эфи-

ры, алкинбензолы и др. Даже малые количества этих веществ с интенсивным запахом часто оказывают вредное воздействие на самочувствие жителей близлежащих районов.

### ДЕГАЗАЦИЯ ПОЛИГОНА ТБО

Негативные явления, связанные со свалочным газом, убедительно свидетельствуют о необходимости борьбы с эмиссиями. Основным методом, обеспечивающим решение этой задачи, является сбор свалочного газа. Система сбора бывает активная и пассивная.

Пассивная дегазация полигона основана на использовании естественного градиента между давлением внутри полигона и атмосферным давлением и осуществляется путем устройства сети газодренажных скважин. Количество скважин, их диаметр и глубина определяются в зависимости от количества биогаза, образуемого полигоном.

Активная система дегазации включает устройства, создающие градиент давления (компрессоры, вентиляторы), которые обеспечивают эффективное извлечение газа из тела отходов, экстракционные скважины и горизонтальную систему сбора биогаза; в дальнейшем предусматривается утилизация извлеченного газа (сжигание, очистка, сжижение и т. д.). Использование активных систем де-

газации сопровождается рядом проблем по сравнению с пассивной дегазацией, в частности:

- создание системы трубопроводов в теле закрытого полигона осложняется неоднородностью тела полигона и большим количеством инородных включений (металлических и бетонных конструкций и т. п.), что приводит к поломке техники;
- необходимо жесткое соблюдение требований к техническим средствам сжигания биогаза:

- › сжигание должно проводиться исключительно в термоизолированных камерах сгорания во избежание холодных краевых зон;
- › сохранение продуктами сгорания температуры  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  вплоть до выхода из камеры;

- › время пребывания в камере горячих газообразных продуктов сгорания с момента окончания процесса горения до выхода из камеры – не менее  $0,3 \text{ с}$ ;

- › регулирование подвода, необходимого для процесса горения воздуха, так, чтобы сгорание происходило при температуре  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$  с коэффициентом избытка воздуха больше 1;

- › применение изоляционного материала с низкой теплопроводностью для быстрого нагрева стенки камеры сгорания при запуске процесса (минимально короткое время существования холодных краевых зон);

- › применение улучшенных техник сжигания для достижения концентрации  $\text{NO}_2$  в дымовых газах не более  $200 \text{ мг/м}^3$ ;

- › предварительная обработка сырого биогаза для снижения концентраций  $\text{SO}_2$ , соединений хлора, фтора и пыли;

- необходимо применение дорогостоящих систем газоочистки;
- повышенные требования к взрывобезопасности системы. Должна быть обеспечена герметичность системы для исключения попадания кислорода.

Таким образом, система активной дегазации является технически сложной и высокочрезвычайно затратной по сравнению с системой пассивной дегазации.



### К сведению

Система активной дегазации более сложная и высокочрезвычайно затратная по сравнению с системой пассивной дегазации.





Рис. 1. Полигон «Саларьево»

### ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ФИЛЬТРОВ ПАССИВНОЙ ДЕГАЗАЦИИ НА ПОЛИГОНЕ «САЛАРЬЕВО»

Полигон «Саларьево» расположен на территории поселения Московский Троицкого и Новомосковского административных округов г. Москвы в промышленной зоне вблизи д. Саларьево (рис. 1 ▶ стр. 56).

Площадь земельного участка, занимаемого полигоном, – 59 га. Высота полигона – 70 м от уровня земли. Объем захороненных на полигоне отходов – 16 млн м<sup>3</sup>. С 2007 г. прием отходов на полигон прекращен, вокруг полигона ведется активная застройка жилья. Близлежащие многоэтажные дома расположены непосредственно на границе СЗЗ, то есть на расстоянии 500 м от полигона. В связи с этим вопрос защиты населения от дурнопахнущих выбросов стоял крайне остро.

Полигон «Саларьево» начал эксплуатироваться в 1963 г., то есть, в соответствии с прогнозируемой динамикой образования биогаза, находится на завершающей стадии активного метаногенеза. Поэтому с учетом недостатков системы активной дегазации было признано целесообразным сооружение системы пассивной дегазации, использующей естественный градиент между давлением вну-

три насыпного холма и атмосферным давлением для удаления биогаза в атмосферу через вертикальные выпуски (скважины пассивной дегазации).

Кроме того, выбор системы пассивной дегазации определялся тем, что принцип ее действия является более стабильным и предсказуемым, так как создаваемое повышенное давле-

ние исключает проникновение воздуха в систему сбора и препятствует смешиванию его с биогазом, которое может привести к взрывоопасной ситуации, как, например, в системах активной дегазации. Это является важным фактором, так как полигон «Саларьево» расположен в черте города.

В рамках проекта по рекультивации полигона «Саларьево» для удаления запаха от скважин пассивной дегазации компанией «ОКС Групп» был разработан пассивный адсорбционный фильтр УФЗ300 (рис. 2 ▶ стр. 56). Для удаления дурнопахнущих соединений в фильтре используется комбинация хемосорбентов УКМ, состоящая из гидрофобных импрегнированных углей с повышенной сорбционной емкостью. Объем и тип сорбционной загрузки был подобран исходя из проектного расчета состава и количества биогаза. При расчете характеристик и параметров фильтра учитывался наихудший сценарий залповых выбросов. Фильтр УФЗ300 представляет собой корпус, в который вставляются кассеты с сорбентом, его конструкция приспособлена для быстрой замены фильтрующих элементов.



Рис. 2. Фильтр УФЗ 300 для пассивной дегазации полигона ТКО





Рис. 3. Контроль эффективности фильтра УФП300

Преимущества использования фильтров пассивной дегазации УФП300:

- отсутствие потребления электроэнергии и воды;
- антикоррозийные материалы (фибергласс, HDPE);
- простота технического обслуживания.

В период с мая по июнь 2020 г. на полигоне ТКО «Саларьево» (территория Новой Москвы) было организовано 125 скважин пассивной дегазации и установлено 125 фильтров УФП300, после чего эксплуатирующей организацией осуществлялся периодический органолептический и инструментальный контроль их работы. Через 2 мес. после установки было определено, что сорбционная емкость была исчерпана в 6 фильтрах, что менее 5 % от их общего количества. Была произведена замена сорбента. Так как после замены сорбента эффективность очистки оставалась на таком же уровне, как и в других фильтрах, можно предположить, что через указанные скважины прошел залповый выброс биогаза. Это также свидетельствует о неравномерности газообразования в теле полигона. В рамках предусмотренного проектом мониторинга загрязнения атмосферного воздуха в СЗЗ полигона в последующий после установки фильтров год превышений кон-

центраций загрязняющих веществ обнаружено не было. Спустя год, в мае 2021 г., был произведен инструментальный контроль эффективности работы фильтров (рис. 3 ▶ стр. 57).

Эффективность очистки воздуха от дурнопахнущих загрязняющих веществ (толуол, аммиак, ксилол, формальдегид, этилбензол, диоксид серы, сероводород) составила не менее 95 %. В это же время из установлен-

ных фильтров аккредитованной лабораторией был отобран отработанный сорбент и отправлен для определения класса опасности отхода. После проведенного анализа отработанному сорбенту УKM присвоен V класс опасности.

## ВЫВОДЫ

Опыт эксплуатации фильтров УФП300 на полигоне ТКО показал, что фильтры обеспечивают стабильную очистку биогаза от дурнопахнущих компонентов в течение периода не менее 1 года с эффективностью не ниже 95 %. Залповые выбросы на эффективность очистки не влияют. Повышенная влажность очищаемых газов также не влияет на эффективность очистки (в случае применения специальных хемосорбентов УKM). Отработанный сорбент УKM можно утилизировать на любом объекте размещения отходов, так как он обладает V классом опасности. Пассивные системы дегазации с установкой фильтров УФП300 для удаления дурнопахнущих выбросов можно успешно применять на полигонах захоронения ТКО емкостью более 800 тыс. м<sup>3</sup>. ♻️



## Литература

1. Рекомендации по расчету образования биогаза и выбору систем дегазации на полигонах захоронений твердых бытовых отходов. – Москва : Государственный комитет российской федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу, Федеральный центр благоустройства и обращения с отходами, 2003.
2. Методика расчета количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твердых бытовых и промышленных отходов (изд. дополненное и переработанное). – Москва : Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, 2004.
3. Вайсман Я. И., Вайсман О. Я., Максимова С. В. Управление метаногенезом на полигонах твердых бытовых отходов. – Пермь, Перм. гос. техн. ун-т, 2003.
4. Свицков С. В., Данилович Д. А., Азаров В. Н. Очистные сооружения как источник неприятного запаха: причины, характеристики и методы борьбы // Водоснабжение и санитарная техника. – 2016. – № 7. – С. 24–31.
5. Справочник НДТ ИТС 17-2016 «Размещение отходов производства и потребления».