

**Информационно-технический справочник по  
наилучшим доступным технологиям ИТС 22-2016  
"Очистка выбросов вредных (загрязняющих)  
веществ в атмосферный воздух при  
производстве продукции (товаров), а также при  
проведении работ и оказании услуг на крупных  
предприятиях"**

(утв. [приказом](#) Федерального агентства по техническому  
регулированию и метрологии от 15 декабря 2016 г. N 1880)

**Purification of atmospheric discharge (pollutants) in  
manufacturing of products (goods), as well as performing works  
and providing services at large enterprises**

**Дата введения - 1 июля 2017 г.**

**(стр. 68-70)**

- окисление высокореактивными радикалами кислорода, присутствие которых приводит к окислению компонентов, которые не разлагаются прямым фотолизом и продуктами реакции фотолиза.

В отдельных случаях используют введение катализатора (например, активированного угля) или применяют второй набор ламп с иной длиной волны после первой фазы фотоокисления, чтобы достичь максимально возможной степени удаления. Эта дополнительная фаза также служит для преобразования остаточного озона (326) в кислород.

На отдельных предприятиях для очистки выбросов от бенз(а)пирена (703) используют фотолитическую установку, реализующую метод фотоокисления в ультрафиолетовом свете. Принцип метода заключается в том, что при обработке отходящих газов излучением видимого и ближнего УФ (типа А) диапазонов спектра, происходит многостадийное окисление молекул полиароматических углеводородов (ПАУ) синглетным кислородом, образующимся при фотовозбуждении электронных состояний ПАУ, причем подвергаются полному окислению и продукты первичного окисления ПАУ - хиноны. Высокая скорость окисления (время облучения движущихся по газоходу выбросов составляет несколько секунд) обусловлена тем, что ламповые источники обладают высокой интенсивностью излучения, а также тем, что облучаемые в газоходе выбросы содержат ПАУ, в том числе наиболее токсичные тяжелые ПАУ, либо в паровой фазе, либо на мелкодисперсной пыли, что обеспечивает хороший контакт рабочего излучения с молекулами ПАУ.

Достоинствами фотоокисления/окисления в ультрафиолетовом свете являются:

- малое время запуска;
- возможность эксплуатации при низкой температуре;
- низкое энергопотребление.

### **2.3.5 Биохимические методы очистки отходящих газов**

Биохимические методы газоочистки основаны на способности микроорганизмов преобразовывать различные соединения в менее токсичные компоненты или соединения с меньшим молекулярным весом. Разложение веществ происходит под действием ферментов, которые вырабатываются микроорганизмами под влиянием отдельных соединений или группы веществ, присутствующих в очищаемых газах. Биохимические методы газоочистки целесообразно применять для очистки отходящих газов постоянного состава: при частом изменении состава газа микроорганизмы не успевают адаптироваться к новым веществам и вырабатывают недостаточное количество ферментов для их разложения, что приводит к слабой разрушающей способности биологической системы по отношению к вредным компонентам газов. Высокая степень газоочистки достигается в том случае, когда скорость биохимического окисления уловленных веществ больше скорости их поступления из газовой фазы.

Биохимическую очистку отходящих газов выполняют в биофильтрах и биоскрубберах.

#### **2.3.5.1 Биофильтры**

Вовремя биологической фильтрации поток отходящих газов проходит через слой фильтра-насадки, где он окисляется микроорганизмами природного происхождения и разлагается на углекислый газ, воду, неорганические соли и биомассу. В качестве насадки можно использовать влажный органический

субстрат (например, торф, компост, древесную щепу) или инертный материал (например, глину, активированный уголь, полиуретан). В случае использования искусственных материалов на них предварительно выращивают биологически активную пленку орошением водой или суспензией активного ила. При этом способность активного ила к расщеплению уловленных веществ устанавливают

по соотношению полной биохимической потребности в кислороде ( $BPK_{II}$ ) до начала процессов нитрификации и химической потребности в кислороде (ХПК), которая характеризует окисление вещества до диоксида углерода и воды. При соотношении  $BPK_{II} : ХПК \geq 0,5$  вещества поддаются биохимическому окислению.

Эффективная работа биофильтров обеспечивается за счет равномерного распределения очищаемого воздуха по всей фильтрующей поверхности, равномерной влажности (20% - 50%) и плотности фильтрующего слоя, поддержания оптимальных температур (25°C - 35°C) и значения pH 6,5 - 8,5.

Биологическая фильтрация преимущественно применяется для низких концентраций загрязняющих веществ, легко растворимых в воде. Как правило, биологическую фильтрацию не используют для отходящих газов, содержащих большое количество различных и (или) меняющихся (по составу) загрязняющих веществ. Кроме того, следует учитывать, что при использовании биофильтрации не удаляется метан (410), что связано с чрезмерно высоким необходимым временем пребывания в фильтре обычных размеров.

Большинство биофильтров представляют собой открытые фильтры, которые хотя и являются менее дорогостоящими по сравнению с замкнутыми, но менее эффективны. Кроме того, открытые фильтры не всегда позволяют обеспечить достаточное удаление выбросов и зачастую не обладают технологическими характеристиками для достижения достаточного сокращения выбросов ЛОС. В связи с этим более предпочтительным является применение замкнутых биофильтров с контролируемой подачей и оттоком отходящих газов. Замкнутые высокотехнологичные биофильтры можно усовершенствовать с целью сокращения содержания широкого спектра ксенобиотических соединений.

Капельный фильтр с подвижным орошаемым слоем представляет собой вариант технологического подхода, основанный на биологической обработке в

реакторе с орошаемым слоем, наполненным 50 - 150  $M^3$  синтетических шариков особой формы, в которых и на которых растут колонии микроорганизмов, разлагающих поступающие загрязняющие вещества.

### **2.3.5.2 Биоскрубберы**

Биоскрубберы представляют собой абсорбционные аппараты (абсорберы, скрубберы), в которых орошающей жидкостью (абсорбентом) служит водная суспензия активного ила (например, со станций биологической обработки сточных вод). Таким образом, биоскруббер сочетает в себе мокрую очистку газа (адсорбцию) и биологическое разложение. Содержащиеся в очищаемых газах вредные вещества улавливаются абсорбентом и расщепляются микроорганизмами активного ила. Поскольку биохимические реакции протекают с относительно невысокой скоростью, то для достижения высокой эффективности работы установки требуется промежуточная емкость, которая может быть либо выполнена в виде отдельного реактора, либо встроена в основание абсорбера.

Конструкция биореактора основана на использовании активированного ила

или системы "ил-на-носителе". Водно-иловую смесь возвращают в реактор. Абсорбированные загрязняющие вещества разлагаются в вентилируемых иловых резервуарах.

Башенный биоскруббер проектируют таким образом, чтобы обеспечивалась продолжительность контакта около 1 с в зависимости от загрязняющих веществ.

В зависимости от состава отходящего газа производительность биоскруббера достигает желаемого уровня только после нескольких недель адаптации. Внесение культур, подготовленных в ферментерах, применяется к загрязняющим веществам, содержащим серу (меркаптаны (1716), сероводород (333), диметилсульфид (1707) и т.д.) или хлор (349) (хлорированные метаны или этаны).

Испарение, сопровождающееся минерализацией и дозированным добавлением питательных веществ (добавляемых к орошающей жидкости для обеспечения микроорганизмов недостающими элементами, такими как фосфор, азот или калий) и (или) нейтрализующих агентов, обычно приводит к увеличению содержания соли в абсорбенте.

В резервуарах для хранения циркуляционных вод иногда может возникать запах, что требует сбора отработанного воздуха и отведения его к станции очистки.

Биологическая обработка в реакторе с орошаемым слоем аналогична биологической промывке, но микроорганизмы фиксируются на опорных элементах. Этот технологический подход позволяет удалять легко биоразлагаемые компоненты (аммиак (303), амины, углеводороды (415), сероводород (333) и др.).

Биологическая промывка применяется при низких концентрациях загрязняющих веществ, легко растворимых в воде.

Биологическая промывка широко используется в химической и нефтехимической промышленности, а также на канализационных очистных сооружениях.

### **2.3.6 Сочетание и взаимозависимость технологических подходов к обработке отходящих газов и сточных вод**

При обработке сточных вод, загрязненных ЛОС и летучими неорганическими соединениями (например, аммиаком (303), сероводородом (333)), при использовании отстойников, открытых буферных емкостей и прочего могут образовываться выбросы (запахи) в атмосферу этих загрязняющих веществ, т.е. может происходить перемещение загрязняющих веществ из водной среды в воздушную (атмосферу). Выбросы в атмосферу могут также образовываться при смешивании потоков вод с различными температурами и при добавлении кислот или щелочей для изменения водородного показателя pH. Таким образом, может потребоваться обработка вновь образовавшегося отходящего газа.

Кроме того, эксплуатация объектов по обработке и очистке отходящих газов, также как и сточных вод, связана с потреблением энергоресурсов и материалов, причем последний фактор особенно важен в некоторых климатических условиях. Краткий обзор возможного воздействия отходящих газов очистных сооружений на окружающую среду приведен в таблице 4.