РАЗДЕЛ XII. БИОТЕХНОЛОГИИ

Виноградова А.С., Трофименко Ю.В.

Использование фотокаталитических очистителей для улучшения качества воздуха на улично-дорожной сети в крупных городах

*Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-05-2020-54

idsp: ljjournal-05-2020-54

Аннотация

В представленной статье дан общий обзор фотокатализа, его возможностей и применений для очистки воздуха на улично-дорожной сети. Проблема экологической обстановки крупных городов с каждым годом набирает актуальность. Основной причиной такого явного негативного влияния на качество атмосферного воздуха стало стремительное развитие автомобилизации. В районах с интенсивным транспортным движением загрязняющие вещества, содержащиеся в отработанных газах, не только негативно влияют на состояние атмосферного воздуха, но также ухудшают состояние фасадов зданий. Перспективным направлением для повышения качества воздуха является применение фотокаталитических очистителей. На улично-дорожной сети обезвреживание воздуха происходит с применением фотокаталитических покрытий, в качестве катализатора применяется диоксид титана (TiO_2). На поверхности диоксида титана под действием света могут быть полностью окислены любые органические соединения, также гибнут вредные микроорганизмы. Одним из преимуществ фотокаталитического покрытия является его долговечность и способность самоочищаться.

Ключевые слова: фотокатализ, фотокаталитическое покрытие, улично-дорожная сеть.

Abstract

In the present article provides an overview of photocatalysis, its capabilities and uses for clean air in the road network of street. The environmental problem of large cities is gaining relevance every year. The main reason for the negative impact on air quality was the rapid development of automobilization. On the streets with heavy traffic also worsens the condition of the facades of buildings. Promising direction to improve air quality is the use of photocatalytic purifiers. In the road network of street, air neutralization occurs using photocatalytic coatings. The catalyst - titanium dioxide (TiO_2). Under the influence of light, any organic compounds to oxidize on the surface of titanium dioxide, and harmful microorganisms die. One of the advantages of a photocatalytic coating is its durability and self-cleaning ability.

Keywords: photocatalysis, photocatalytic coating, road network of street.

Введение. На сегодняшний день численность автомобильного парка в крупных городах непрерывно растет. Только в Москве на 1 января 2020 года насчитывается около 3,7 млн легковых автомобилей (по данным «АВТОСТАТ»). Следствием такого стремительного развития автомобилизации стало ухудшение экологической ситуации в крупных городах, в частности рост загрязнения атмосферного воздуха на улично-дорожной сети (УДС).

Для нейтрализации пагубного воздействия выбросов применяют

организационные, инженерно-технические мероприятия [1]. Однако положительные результаты внедрения данных мероприятий в УДС отстают от темпов роста автотранспортных перевозок в крупных городах РФ, а связи с этим продолжается поиск дополнительных инструментов, направленных на нейтрализацию выбросов загрязняющих веществ на УДС и в непосредственной близости от нее [1,2].

Перспективным направлением для предотвращения негативного воздействия «автомобильных» загрязнений на УДС является использование фотокаталитических очистителей.

Определения фотокатализа и его систем. Фотокатализ – изменение скорости или возбуждение химических реакций под действием света в присутствии веществ (фотокатализаторов), которые поглощают кванты света и участвуют в химических превращениях участников реакции, многократно вступая с ними в промежуточные взаимодействия и регенерируя свой химический состав после каждого цикла таких взаимодействий [3]. Примером фотокатализа в природе служит фотосинтез.

Существует две системы фотокатализа:

- гомогенная;
- гетерогенная.

В *гомогенной системе* исходные вещества, участвующие в химической реакции (реагенты) и фотокатализаторы находятся в одном агрегатном состоянии.

В *гетерогенной системе* реагенты и фотокатализатор находятся в разных агрегатных состояниях. Фотокатализ происходит на границе раздела двух фаз. В такой системе распространенными фотокатализаторами являются полупроводниковые оксиды, например, TiO_2 . Именно гетерогенный фотокатализ является примером процессов осаждения металлов и очищения воздуха.

Принцип действия TiO_2 как фотокатализатора. Как было сказано, наиболее распространенный фотокатализатор – диоксид титана (TiO_2). Химически процесс фотокаталитического окисления диоксида титана представляется следующим образом (рис.1). В процессе поглощения света частицей TiO_2 возникают электронная вакансия (дырка) и свободный электрон, образуя на поверхности оксида чрезвычайно реакционноспособные частицы [4].

Рис. 1. Фотокаталитический процесс, происходящий на частице TiO_2 [4]

На поверхности TiO_2 могут быть полностью окислены любые органические соединения (кроме тетрахлорметана) [5]. Продуктами окисления углеводов обычно являются всевозможные газообразные промежуточные продукты [5].

Применение фотокатализа при очистке воздуха на УДС. В районах с интенсивным транспортным движением загрязняющие вещества, содержащиеся в отработанных газах, не только негативно влияют на состояние атмосферного воздуха, но также ухудшает состояние фасадов зданий.

Фотокаталитически активные строительные материалы, такие как краски для

зданий, брусчатка и кровельная черепица, могут быть использованы для улучшения качества воздуха в городах [6] и влиять на состояние строительных конструкций и чистоту фасадов зданий вблизи УДС.

Основные газообразные загрязняющие вещества, которые являются компонентами выбросов автотранспорта:

- оксид углерода (CO);
- оксид азота (NO_x).

Применение фотокатализа для обезвреживания воздуха на УДС обезвреживание предполагает протекание конкретных фотокаталитических реакции, приведенных ниже.

Оксид углерода (CO), наиболее распространенный загрязнитель атмосферного воздуха в городах, легко окисляется на фотокатализаторе до диоксида углерода (CO₂) с общей схемой реакции (1).

Окисление оксидов азота (NO_x) отличается для разных компонентов группы, а в природных условиях учесть процесс преобразования каждого соединения достаточно сложно. Однако стоит отметить реакцию фотовосстановление закиси азота в азот и кислород в соответствии со схемой реакции (2).

Непосредственную роль в улучшении качества воздуха на УДС играет реакция, в соответствии со схемой (3), фотокаталитического окисления метана в углекислый газ и воду.

На поверхности TiO₂ под действием света не только разрушаются органические молекулы, но и гибнут вредные микроорганизмы, даже обладающие высокой сопротивляемостью к ультрафиолету [4].

Особое внимание следует уделить фотокаталитической эффективности. На эффективность удаления загрязняющих компонентов из воздуха будут влиять различные факторы, такие как (рис. 2):

1. факторы внешней среды (интенсивность солнечного излучения, скорость и направление ветра, облачного покрова, смены суток и др);
2. расположение «фотокаталитической стены» от и источника загрязнения;
3. плотность транспортного потока;
4. численность транспортных средств, одновременно движущихся по УДС;
5. турбулентность, создаваемая транспортным потоком, которая локально изменяет направление и скорость ветра, а также интенсивность света от их тени [6].

Рис. 2. Влияние различных факторов на фотокаталитическую эффективность [6]

Фотокаталитические покрытия применяют не только на открытых участках улично-дорожной сети, но также в местах, куда солнечный свет не попадает – тоннелях. Фотокаталитическим покрытием обрабатывают стены внутри тоннеля, а так как фотокаталитическая реакция проходит в присутствии света, в тоннелях устанавливаются люминесцентные лампы, которые излучают ультрафиолетовый свет. На лапы также целесообразно наносить слой фотокаталитического покрытия.

Нельзя не отметить, что поверхность, на которое нанесено фотокаталитическое покрытие способно самоочищаться под действием света от загрязняющих загрязнений за счет фотокаталитического процесса окисления. А срок службы фотокаталитического покрытия в вертикальном положении можно, по крайней мере, ожидать порядка десятков лет при сохраняющейся активности, если возможна некоторая регулярная промывка, например, дождем [6]. Фотокаталитическое покрытие, нанесенное на горизонтальную поверхность (тротуар, проезжая часть), будет иметь меньший срок службы, в связи с тем, что будет накапливать различные загрязнения, такие как твердые частицы, противогололедные реагенты и др.

Заключение. Применение фотокатализа, как способа очистки воздуха на улично-дорожной сети и в непосредственной близости от нее, является перспективным направлением. На практике отмечаются положительные результаты снижения концентрации токсичных компонентов отработавших газов вследствие нанесения фотокаталитического покрытия на фасады зданий и шумозащитные экраны. Главным преимуществом использования фотокаталитического покрытия является то, что оно исключает необходимость улавливания и поглощения загрязняющих компонентов атмосферы, как следствие экономия материальных ресурсов.

1. Ю.В. Трофименко, В. С. Ворожнин, В. Б. Давыдов, С.С. Зубова. Оценка эффективности очистки воздуха на улично-дорожной сети крупного города зелеными насаждениями и фотокаталитическими очистителями // Безопасность в техносфере. 2014. № 6. С. 53-60.
2. В.Н. Денисов, Федотов В.Н. Инженерный метод очистки воздушной среды городской УДС // Охрана атмосферного воздуха. Атмосфера. 2011. №3. С. 54-59.
3. Пармон В.Н. Фотокатализ: Вопросы терминологии // Фотокаталитическое преобразование солнечной энергии / Ред. К.И. Замираев, В.Н. Пармон. Новосибирск: Наука. 1991. С. 7-17.
4. Савинов Е. Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха // Соросовский образовательный журнал. 2000. Том 6. №11. С. 52-56.
5. Григорьева Т.Ю. Повышение надежности транспортных человеко-машинных систем управления на примере городских автобусов: дис. ... кандидата тех. наук: 05.22.10. М. МАДИ (ГТУ). 2006. 141 с.
6. Renaud de_Richter, Ming Tingzhen, Philip Davies, Liu Wei, Sylvain Caillol. Removal of non-CO2 greenhouse gases by large-scale atmospheric solar photocatalysis // Progress in Energy and Combustion Science. Vol. 60. 2017. pp. 68-96. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2017.01.001> (accessed October 26, 2019).