

Применение метода оценки жизненного цикла позволяет принимать взвешенные решения при выборе дезинфицирующих средств, ориентируясь на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Список литературы

1 Comparative analysis of the disinfection efficiency of steel and polymer surfaces with aqueous solutions of ozone and sodium hypochlorite / V. Romanovski, A. Paspelau, M. Kamarou [et al.] // Water. – 2024. – Vol. 16, № 793 – P. 1–13.

2 Анализ технических аспектов дезинфекции поверхностей водными растворами озона и гипохлорита натрия / А. В. Поспелов, М. А. Комаров, Н. Г. Короб, А. Н. Хотько // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 2 (37). – С. 87–95.

3 Сравнительный анализ эффективности дезинфекции поверхностей в водных растворах озона и гипохлорита натрия / А. В. Поспелов, М. А. Комаров, Н. Г. Короб, А. Н. Хотько // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 1 (36) – С. 94–99.

4 Романовский, В. И. Растворимость озона в воде по высоте столба жидкости / В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, В. В. Лихавицкий // Водоочистка. – 2017. – № 2. – С. 36–41.

5 Анализ эффективности дезинфекции сооружений питьевого водоснабжения с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих средств и озона / В. И. Романовский, М. В. Рымовская, Ю. Н. Бессонова [и др.] // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – № 2 (92). – С. 68–71.

УДК 543.068

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЯХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МЕТОДА КОНТРОЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОБЩЕГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ВОЗДУШНЫХ ПРОБАХ

К. М. КОМИССАРОВА, В. В. МАКЕЕВ, А. В. ДУДАРЕВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
k375445843632@gmail.com, 6348054@gmail.com*

Актуальность. Мониторинг количества и состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух является одним из основных направлений природоохранной деятельности в Республике Беларусь. Необходимость выплаты и размер экологического налога определяется на основании акта инвентаризации выбросов и нормативов допустимых выбросов, что закреплено в Постановлении Минприроды Республики Беларусь № 33 от 27.12.2023 [1]. В приложении 1 указанного документа приведены 77 загрязняющих веществ, суммарные показатели для которых устанавливаются нормативами допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный

воздух для Республики Беларусь. Суммарный показатель с кодом 3005 – общий органический углерод (далее – ООУ).

В экологических нормах и правилах ЭкоНиП 17.08.06-001-2022 «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух (в том числе озоновый слой). Требования экологической безопасности в области охраны атмосферного воздуха» для отдельных процессов определена предельно допустимая концентрация (ПДК) выбросов общего органического углерода (ООУ). При использовании (сжигании) отходов и (или) топлив из отходов (с содержанием отходов более 15 %), RDF-топлива и топлива из коммунальных отходов ПДК составляет 20 мг/м³, а при сжигании отходов древесноволокнистых, древесностружечных плит, содержащих связующие не минерального происхождения, ПДК составляет 50 мг/м³.

Контроль и нормирование суммарных показателей, к которым относится ООУ, является неизбежным процессом отражения увеличения использования органических веществ и соединений в производственных процессах, в быту. В настоящее время известно порядка 27 млн химических веществ. Около 70 тыс. активно применяется в технологических процессах или является результатом переработки, большая часть из которых является органическими соединениями [2]. Невозможность полного охвата лабораторного контроля выбросов в атмосферу каждого из этих веществ определяет создание индикативных параметров [5]. Так, в Европейском Союзе (ЕС), согласно Директиве 98/83/ЕС Совета «О качестве воды, предназначенной для употребления людьми» [3], не указано значение ПДК для ООУ, но обозначено, что при значительных изменениях уровня ООУ необходим анализ технологического процесса и поиск источника выброса отдельных органических соединений [3, 4].

Специфичность определения ООУ в газообразных пробах заключается в том, что этот показатель суммирует все формы углерода, содержащиеся в органических соединениях, включая как легко разлагаемые, так и более стабильные вещества. В Республике Беларусь метод измерения концентрации ООУ в выбросах от стационарных источников выбросов, соответствующих требованиям законодательства об обеспечении единства измерений, а также возможный к применению в аккредитованных лабораториях при проведении измерений выбросов, в том числе при осуществлении производственных наблюдений, проведении инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, определен в государственном стандарте Республики Беларусь СТБ 17.13.05-51-2021/EN 12619:2013 «Определение массовой концентрации общего газообразного органического углерода. Метод с применением детектора с непрерывной пламенной ионизацией».

Стоимость аналитического оборудования для определения концентрации ООУ в газообразных пробах, необходимого для реализации СТБ 17.13.05-51-2021/EN 12619:2013, составляет порядка 50000 евро, что сопоставимо с

последними модификациями газожидкостных хроматографов, решающих более широкий спектр задач.

Цель работы – изучение корреляции ООУ с количеством атомов углерода в органических соединениях.

В качестве базовых объектов для рассмотрения были взяты соединения, входящие в группу летучих органических соединений (ЛОС), такие как предельные и ароматические углеводороды. На рисунках 1 и 2 приведены данные относительного содержания углерода (A), рассчитанного по формуле (1), в зависимости от массы углерода (количество атомов углерода) в молекуле соединения для предельных и ароматических углеводородов. Данный показатель фактически является значением ООУ для индивидуальных органических веществ. Значения A определяли по формуле

$$A = \frac{My}{Mm}, \quad (1)$$

где My – масса углерода в молекуле (количество атомов углерода); Mm – молекулярная масса молекулы.

Данные, приведенные на рисунках 1 и 2, показывают корреляцию между значением общего органического углерода и содержанием атомов углерода в пробе. Чем больше атомов углерода содержится в органических соединениях, тем выше будет значение ООУ. Таким образом, увеличение содержания углерода в пробе приводит к увеличению концентрации ООУ. Полученный результат показывает необходимость изменения времени и скорости аспирации газовых проб в зависимости от предполагаемого доминирующего вещества, отводимого через источник выбросов: чем выше содержание углерода в доминирующем органическом веществе, тем меньше объем газовой пробы необходим для последующего анализа. Так, объем отбираемой газовой пробы для декана ($C_{10}H_{22}$) и этана (C_2H_6) отличается не менее чем в 5 раз. На объем газовой пробы также оказывает влияние агрегатное состояние вещества. Решение о необходимом объеме газовой пробы принимается на основании результатов калибровки.

Относительное содержание углерода у веществ, содержащих два атома углерода в молекуле для различных классов органических соединений, принимает значения, зависящие только от молекулярной массы всего соединения (рисунок 3).

Исследования зависимостей относительного содержания углерода от количества атомов углерода в молекуле позволяют установить пределы содержания ООУ в воздушных пробах, что важно для разработки методики определения ООУ методом газовой хроматографии, так как время отбора проб напрямую зависит от предполагаемой концентрации.

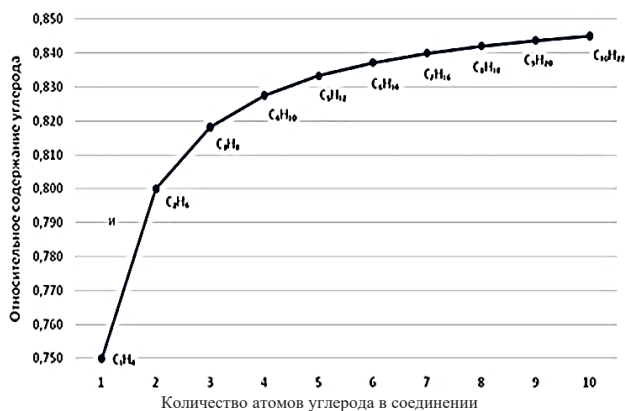


Рисунок 1 – Зависимость относительного содержания углерода в классе предельных углеводородов

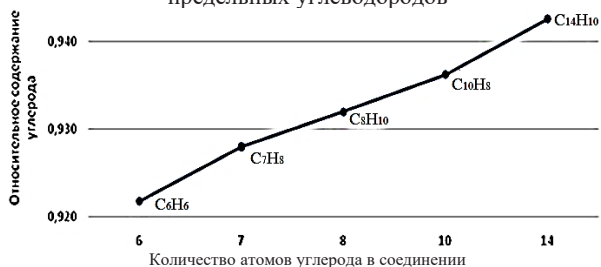


Рисунок 2 – Зависимость относительного содержания углерода в классе ароматических углеводородов

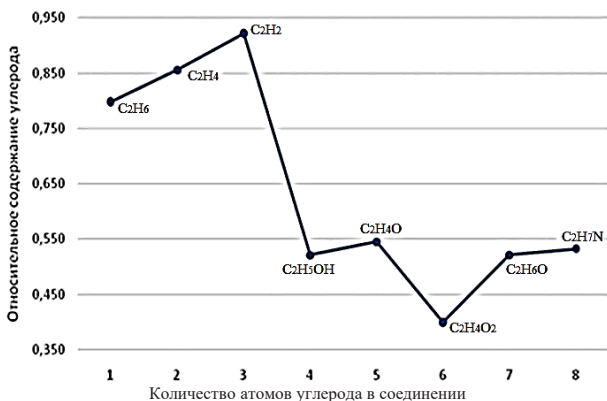


Рисунок 3 – Зависимость относительного содержания углерода у веществ, содержащих два атома углерода в молекуле, для различных классов органических соединений

Если предполагаемая концентрация ООУ высока, время отбора проб может быть сокращено, а скорость аспирации снижена, при низкой концентрации, наоборот, требуется больше времени и увеличенная скорость аспирации для обеспечения захвата и анализа органических соединений.

Выводы. Количество углерода в органических загрязнителях воздушной среды определяет объем проб при реализации метода контроля общего органического углерода. Данные о корреляции являются основой создания математических моделей по определению концентрации определенных органических соединений и их влияния на уровень ООУ.

Список литературы

1 О деятельности, связанной с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух : постановление М-ва природных ресурсов и охрану окружающей среды Респ. Беларусь № 33 от 27.12.2023 (с изм. от 30.12.2024 № 75) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/?ysclid=mcj3ab3r39605997532> (дата обращения: 11.04.2024).

2 **Цупрева, В.** Анализаторы общего органического углерода компании Shimadzu для исследования проб различной природы / В. Цупрева // Аналитика. – 2013. – № 2. – С. 82–87.

3 Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption // Official Journal of the European Communities. – OJ L330, 5.12.1998. – P. 32–54.

4 Органический углерод: вопросы гигиенического регламентирования и гармонизации / Е. А. Кузьмина, Е. О. Кузнецов, Н. В. Смагина [и др.] // Гигиена и санитария. – 2013. – № 6. – С. 60–64.

5 **Захарова, А.** Контроль чистоты технологического оборудования методом определения общего органического углерода / А. Захарова, А. Кравченко, И. Гринштейн // Аналитика. – 2014. – № 6. – С. 74–80.

УДК 691.175.5/8

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ РЕАКТОПЛАСТОВ

С. Ю. КОНОВАЛОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
viktornevsky8448039@gmail.com*

Актуальность. Современные отрасли, такие как строительство, машиностроение, автомобилестроение и другие, предъявляют все более повышенные требования к эксплуатационным свойствам материалов: легкость, прочность, устойчивость к экстремальным условиям и др. Таким требованиям отвечают