

Л. М. Слепнёва

L. M. Sliapniova

larysa.sliapniova@gmail.com

В. А. Горбунова

V. A. Gorbunova

vgveragorbunova@mail.ru

«Белорусский национальный технический университет», г. Минск
Belarusian National Technical University, Minsk

РОЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ОБРАЗОВАНИИ ТРОПОСФЕРНОГО ОЗОНА

THE ROLE OF POLLUTION IN THE FORMATION OF TROPOSPHERIC OZONE

Аннотация. При рассмотрении безопасности экосистемы планеты в учебных программах высшей школы достаточно много внимания уделяется роли стратосферного озонового слоя в защите всего живого от ультрафиолетового излучения. Однако вопрос образования тропосферного озона и его взаимодействия с присутствующими в приземном пространстве загрязнителями изучен недостаточно. В статье рассмотрены пути образования, трансформации тропосферного озона и его участия в формировании фотохимического смога.

Abstract. When considering the safety of the planet's ecosystem in the curricula of higher education, a lot of attention is paid to the role of the stratospheric ozone layer in protecting all living things from ultraviolet radiation. However, the issue of tropospheric ozone formation and its interaction with pollutants present in the surface space has not been sufficiently studied. The article considers the ways of formation, transformation of tropospheric ozone and its participation in the formation of photochemical smog.

Ключевые слова: экология атмосферы, фотохимические реакции, тропосферный озон, загрязнители атмосферы, фотохимический смог.

Keywords: ecology of the atmosphere, photochemical reactions, tropospheric ozone, atmospheric pollutants, photochemical smog.

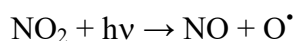
При изучении химии в школе или высшем учебном заведении далеко не всегда удается познакомить студентов с последствиями воздействия тех или иных соединений на организм человека и окружающую среду. Хотя реакции или свойства отдельных соединений рассматриваются подробно, не уделяется должного внимания взаимодействию этих веществ с другими веществами в естественных условиях. Озон – одно из соединений, которое не изучается достаточно подробно ввиду особых условий его получения и немногочисленных случаев применения. Чаще всего его применяют в химической лабораторной практике в

качестве окислителя. Однако озон занимает важное место в экосистеме и влияет на многие процессы, проходящие на нашей планете.

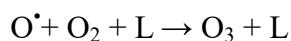
В настоящее время необходимость экологического образования ни у кого не вызывает сомнений. Во многих случаях оно начинается уже с детского сада, что подтверждается рядом публикаций [1]. Проблема чистоты окружающей среды связана с вопросом выживаемости человечества. Рост численности населения и повышение его плотности приводят к загрязнению природы в городской и сельской местности. Развитие промышленности сопровождается увеличением выброса отходов производства в среду обитания, в частности, в атмосферу. Вредные для дыхания вещества поступают в атмосферу из различных источников: железнодорожный и автомобильный транспорт, строительная, топливно-энергетическая промышленность и т.д. Распределение загрязняющих веществ осуществляется в атмосфере в зависимости от количества вредных выбросов, близости от источника выброса и направления ветров. Основными загрязнителями воздуха являются формальдегид, диоксид углерода, оксиды азота, аммиак и др. Во многих случаях более токсичными свойствами обладают не сами вещества, а продукты их взаимодействия друг с другом и компонентами атмосферы. Одним из таких активных в реакциях компонентов атмосферы является озон, основная часть которого образуется в атмосфере под воздействием солнечного ультрафиолетового излучения на молекулы атмосферного кислорода. Из кислорода образуется озон также в результате электрических разрядов во время грозы. Некоторое количество озона содержится во всех слоях атмосферы. Слой с наибольшим содержанием озона (озоновый слой) находится в нижней части стратосферы. Озоновый слой блокирует большую часть жесткого ультрафиолетового излучения, защищая тем самым биологические объекты от генетических мутаций. Даже людям, которые не связаны по роду деятельности с экологией, известно широко освещаемое в прессе явление, связанное с уменьшением толщины озонового слоя.

В курсе химии озон рассматривается как одна из аллотропных модификаций элемента кислорода. Изучаются при этом окислительные свойства озона, упоминаются защитные функции озонового слоя, но недостаточно внимания уделяется самому факту его присутствия в приземном пространстве. Во второй половине двадцатого века проходило изменение соотношения атмосферного озона между стратосферой и тропосферой в сторону уменьшения его в стратосфере и увеличения в тропосфере. В связи с этим важно рассмотреть степень его участия в реакциях и экологические последствия его присутствия в тропосфере. Озон в тропосфере является одним из компонентов фотохимического смога. Он вызывает повреждение легочных тканей и слизистых оболочек дыхательных путей, последствием чего может быть одышка, воспаление слизистых оболочек глаз, носа, гортани и многие более

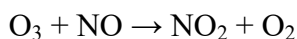
тяжелые респираторные заболевания у людей. Озон безопасен в небольших концентрациях, но оказывает губительное влияние в значительных концентрациях. ПДК озона 0,1 мг/м³. В тропосферу он частично поступает из стратосферы, остальная часть образуется в результате фотохимических реакций с участием кислорода воздуха и загрязнителей антропогенного происхождения, причем концентрация образующего озона в значительной степени зависит от климатических условий местности [2]. Процесс образования озона в тропосфере отличается от процесса его образования в стратосфере и связан с присутствием в приземном пространстве достаточного количества оксидов азота. Образование озона в смоге проходит через ряд стадий, причем большую роль в возможных направлениях цепных реакций играют кинетический фактор и величины устойчивости промежуточных веществ. Ключевым веществом в запуске ряда радикальных реакций служит диоксид азота, который образуется при работе автомобильных двигателей. При поглощении солнечного света молекула диоксида азота распадается с образованием оксида азота (II) и атомарного кислорода:



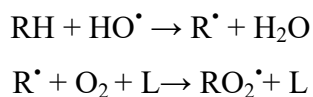
Участие света в этой иницирующей реакции дает название фотохимическому смогу. Легко предположить, что атомы кислорода далее образуют озон:



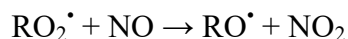
Неактивные частицы L в виде пыли или капель воды присутствуют в тропосфере. Их роль в данной последовательности превращений заключается в поглощении избыточной энергии озона. Без участия инертной частицы в последовательности реакций эта избыточная энергия привела бы к немедленному разложению вновь образованной молекулы. Концентрация образующегося в тропосфере озона, также, как и в стратосфере, зависит от соотношения между скоростями его образования и разложения. Озон может быстро разлагаться в реакции с оксидом азота (II), если последний присутствует в тропосфере в достаточном количестве.



Большую роль в поддержании определенной концентрации озона в тропосфере играют летучие органические соединения общей формулы RH, где R – органический радикал. Источником этих веществ в тропосфере являются выхлопные газы автомобильного транспорта, пары бензина, газообразные отходы промышленных предприятий. Они принимают участие в образовании смога. В результате ряда радикальных реакций летучие органические соединения образуют алкильные пероксирадикалы RO₂[•]:



Алкилпероксирадикалы играют роль ловушек для NO, тем самым понижая концентрацию оксида азота (II), следствием чего является увеличение продолжительности жизни озона в тропосфере [3].



Таким образом, при одновременном присутствии оксида азота (IV) и летучих органических соединений, при достаточной интенсивности солнечного света может образовываться смог с некоторым количеством озона.

Список литературы

1. Антоненко Н. А. Формирование экологической культуры детей дошкольного возраста // Экологическое образование и устойчивое развитие. Состояние, цели, проблемы и перспективы : материалы IV Международной научно-методической конференции. Минск : Междунар. гос. экол. ин-т им. А. Д. Сахарова Белорус. гос. ун-та, 2023. С. 7–8.

2. Lu X., Zhang L., Shen L. Meteorology and climate influences on tropospheric ozone: a review of natural sources, chemistry, and transport patterns // Current Pollution Reports. 2019. Vol. 5. № 4. P. 238–260. <https://doi.org/10.1007/s40726-019-00118-3>.

3. Ozone pollution in China: A review of concentrations, meteorological influences, chemical precursors, and effects / Wang T., Xue L., Brimblecombe P., Lam Y. F., Li L., Zhang L. // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 575. P. 1582–1596. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.081>.