

ФОРМИРОВАНИЕ ИОНОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ВО ВЛАЖНОМ ВОЗДУХЕ ^{*)}

¹Степанов И.Г., ¹Бычков В.Л., ¹Голубков Г.В., ²Бычков Д.В., ¹Голубков М.Г., ²Ваулин Д.Н.

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова
Российской академии наук, г. Москва, Россия, ilyastep91@mail.ru

²Физический факультет МГУ, г. Москва, Россия, bychvl@gmail.com

Сведения о распределении концентраций ионов в тропосфере на высотах до 40 км имеют важное теоретическое и прикладное значение, поскольку участие ионов в физико-химических процессах определяет динамику формирования заряда тропосферы и облаков. Анализ процессов, приводящих к накоплению и изменению сорта ионов, необходим в связи с определением фоновых условий для развития различных типов атмосферных разрядов и разрядов, используемых в плазмохимических технологиях. Более того, знание ионного состава атмосферы требуется при моделировании устройств плазменной аэродинамики, когда необходимо создать область плазмы на высотах, где процессы ионизации за счет радона в приземном слое атмосферы мало эффективны.

Важнейшую роль в образовании ионов в тропосфере играют процессы ионизации с участием космических лучей. В расчетах использованы данные по альтитудной зависимости скорости ионизации $Q(h)$ космическими лучами в области высот, на которых отсутствует ионизация за счет процессов с участием радона.

Целью данного исследования является определение высотной зависимости концентрации ионов, образующихся в тропосфере в спокойной геомагнитной обстановке под действием космических лучей и радиоактивного γ -излучения от поверхности почвы во влажной атмосфере. Полученные результаты необходимы для управления процессами формирования слоистых грозовых облаков и искусственного стимулирования выпадения осадков [1].

Для расчета концентраций ионов была разработана кинетическая модель, включающая 47 компонентов и 149 реакций. При этом использовался программный пакет KINET. Показано, что ионизация воздуха космическими лучами на высотах от 5 до 35 км приводит к образованию плазмы, состоящей в основном из ионов $H^+ \cdot (H_2O)_4$ и $O_2^- \cdot (H_2O)_2$. Максимумы концентраций ионов наблюдаются на высотах от 10 до 15 км в условиях минимальной магнитной жесткости.

Данные результаты резко отличаются от результатов модельных расчетов для сухого воздуха. Они позволяют создавать реалистичные модели зарядки облаков и дополнять выводы работ [1–2], в которых оценки делались для сухого воздуха.

Полученные данные о распределении концентрации ионов в тропосфере позволяют реализовать плазменные области для искусственного стимулирования выпадения осадков без применения дорогостоящих химических реагентов.

Литература

- [1]. Смирнов Б.М. Физика глобальной атмосферы. Парниковый эффект, атмосферное электричество, эволюция климата. Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2017.
- [2]. Чэнсюнь Ю., Чжицзянь Л., Бычков В.Л. и др. Распределение концентраций положительных и отрицательных ионов в тропосфере // Хим. физика. 2022. Т. 41. № 10. С. 28-37.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)