

Численное моделирование температуры и содержание озона в нижней и средней атмосфере на рубеже XX-XXI вв. с помощью климатической модели SOCOLv3

Научный руководитель – Розанов Евгений Владимирович

Усачева Маргарита Александровна

Аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет, Физический факультет,

Санкт-Петербург, Россия

E-mail: usa4eva.m@mail.ru

Исследование вариаций параметров озонового слоя и поиск основных причин этих изменений до настоящего времени не теряют своей актуальности из-за существенной роли озона в сложной системе «Солнце – атмосфера – поверхность Земли – космос» [1]. Поглощая ИК-излучение Земли в полосе 9,6 мкм, озон является парниковым газом и приводит к изменениям климата [2], а поглощая УФ-излучение Солнца в диапазоне 200-320 нм, защищает биосферу Земли и влияет на температурную стратификацию стратосферы [3]. В 1980-х годах резко уменьшилось содержания озона в атмосфере, что создало угрозу жизни на Земле и привело к подписанию Монреальского протокола - международного соглашения, которое запрещало производство озоноразрушающих веществ (ОРВ) и их применение в промышленности и в быту [4]. Благодаря действию протокола содержание ОРВ в атмосфере уменьшилось и содержание озона стабилизировалось, но действительно ли главным разрушителем озона в атмосфере к концу 20 века были только эти вещества?

Чтобы оценить вклад химических и физических процессов в наблюдаемые изменения климата и состава атмосферы в период с 1980 по 2020 год, мы использовали химико-климатическую модель (CCM) SOCOLv3. SOCOL (SOlar Climate Ozone Links) — современная химико-климатическая модель, охватывающая атмосферу от поверхности Земли до мезосферы (около 80 км). Текущее, третье поколение SOCOL состоит из версии модели общей циркуляции MA-ECHAM5 для средней атмосферы и модифицированной версии UIUC (Университет Иллинойса в Урбане-Шампейне) транспортно-фотохимической модели MEZON.

В ходе исследования изучалось содержание озона и температура атмосферы в зависимости от: (1) озоноразрушающих веществ; (2) концентрации парниковых газов, температуры поверхности океана и площади морского льда; (3) солнечной радиации; (4) аэрозольной нагрузки в стратосфере, (5) только концентрации парниковых газов и (6) только температуры поверхности океана и площади морского льда.

Чтобы оценить влияние конкретных факторов, мы выполнили прогоны модели, используя изменчивость, обусловленную каждым фактором (1-6), а также базовый эксперимент, в котором учитывалось влияние всех факторов одновременно. Мы определили относительный вклад различных факторов в эволюцию температуры и содержания озона в тропосфере и нижней стратосфере в период с 1980 по 2020 год. Расчеты модели были также проверены путем сравнения их с измерениями спутников SBUV и MSU/AMSU. Значительное снижение уровня озона в конце 20-го века привело к уменьшению нагрева стратосферного озона и соответствующему падению температуры. Наблюдаемое охлаждение стратосферы в первую очередь определяется климатическими факторами и воздействием ОРВ на стратосферный озон. Минимальные значения концентрации стратосферного озона в середине 1990-х годов могут быть связаны с одновременным воздействием повышенного

содержания ОРВ, выбросов вулканического аэрозоля в стратосферу и снижением солнечной активности. Основная причина наблюдаемого повышения уровня тропосферного озона обусловлена климатическими факторами, в частности изменениями температуры поверхности океана и протяженности морского льда, наряду со снижением содержания ОРВ и изменениями содержания стратосферного аэрозоля. Климатические факторы являются наиболее важными факторами, способствующими повышению температуры тропосферы, причем повышение температуры поверхности океана является более важным, чем прямое воздействие увеличения содержания парниковых газов в атмосфере.

Источники и литература

- 1) World Meteorological Organization (WMO). Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022, GAW Report No. 278, 509 pp.; WMO: Geneva, 2022
- 2) The Future of the World's Climate, by Ann Henderson-Sellers (Editor), Kendal McGuffie (Editor), Elsevier Science; 2nd edition, 660 pp., 2012.
- 3) Frederick J.E. OZONE DEPLETION AND RELATED TOPICS, Ozone as a UV Filter in Encyclopedia of Atmospheric Sciences, Pages 359-363, 2015.
- 4) Downie D.L. The Vienna Convention, Montreal Protocol and Global Policy to Protect Stratospheric Ozone, in P. Wexler et al. (eds.) Chemicals, Environment, Health: A Global Management Perspective. Oxford: Taylor & Francis -2012.