

ГАЗОВЫЙ СОСТАВ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Смышляев С.П.¹, Тимофеев Ю.М.², Виролайнен Я.А.²,
Моцаков М.А.¹, Поляков А.В.²

¹ – РГГМУ, С-Петербург, Россия, smyshl@rshu.ru

² – Санкт-Петербургский государственный университет, С-Петербург, Россия

Аннотация. Результаты численного моделирования, наземные и спутниковые измерения используются для сравнения особенностей распределения стратосферных газов в Арктике и Субарктике в современном климате и климате конца XX века.

Ключевые слова: Арктика, Субарктика, стратосфера, газовый состав, численное моделирование, наземные и спутниковые наблюдения

Предметом исследования является изменчивость содержания стратосферного озона в Арктике и Субарктике в период с 1980 по 2018 годы, выявление значимости физических и химических процессов в наблюдаемой изменчивости общего содержания озона (ОСО), а также особенности изменчивости содержания озона в нижней, средней и верхней стратосфере. Особое внимание обращается на характерные для всего исследуемого периода особенности сезонной изменчивости общего содержания озона и его содержания на разных высотах, а также на наблюдаемые отклонения от средней изменчивости в отдельные годы. Для углубленного анализа особенностей отклонения изменчивости ОСО в отдельные годы были выбраны зимы 1981-1982, 1996-1997, 2010-2011 и 2015-2016 годов, соответствующие началу климатического периода, а также для которых было характерно наличие периодов необычного изменения ОСО по сравнению со средней изменчивостью за исследуемый период 1980-2018 годы. Для анализа воздействия влияющих факторов рассматривалось изменение общего содержания озона на арктических станциях (Печора, Тикси, Мурманск и Архангельск), а также станциях Субарктики, находящихся вблизи полярного круга и подверженных значительному воздействию полярных процессов (Ханты-Мансийск, Тура, Санкт-Петербург) и в Москве, с целью оценки влияния полярных процессов на содержание озона в отдалении от полярного круга. Для всех этих станций анализировались результаты спутниковых измерений приборами OMI и SBUV, а также Российским прибором ИКФС-2, наземных измерений сети World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC), а также численного моделирования с использованием модели газового состава нижней и средней атмосферы РГГМУ, а для станции С-Петербург, кроме того, учитывались результаты наземных измерений с помощью прибора FTIR Bruker IFS 125 HR.

В численной модели газового состава нижней и средней атмосферы осуществлялся расчет изменчивости концентрации озона и влияющих на него газов (всего 74 газа кислородного, азотного, водородного, хлорного, бромного, углеродного и серного семейств) в течение всего исследуемого периода с 1980 по 2018 годы. Для учета влияния динамических процессов на сезонную и межгодовую изменчивость содержания озона и связанных с ним газов в модель ассимилировались данные ре-анализа MERRA и ERA-Interim (температура, скорости горизонтального ветра, влажность воздуха и приземное давление). Использование предвычисленных данных ре-анализа позволило учесть влияние реально измеренных значений динамических параметров на содержание озона и связанных с ним газов.

Среди влияющих на содержание озона в Арктике и Субарктике процессов основное внимание обращается на роль химического разрушения озона, гетерогенных

процессов на поверхности полярных стратосферных облаков, сезонной изменчивости глобальной циркуляции Брюера-Добсона, устойчивости арктического циркумполярного вихря, а также влияния внезапных стратосферных потеплений и явления Эль-Ниньо/Ла-Нинья (Южного колебания). Для учета влияния процессов на полярных стратосферных облаках в модель газового состава нижней и средней атмосферы была включена модель процессов образования и эволюции полярных стратосферных облаков, позволяющая на основе заданной по данным ре-анализа изменчивости температуры полярной стратосферы, а также рассчитанных в модели газового состава содержания водяного пара, паров азотной и серной кислот рассчитывается площадь поверхности полярных стратосферных облаков с учетом гравитационного осаждения частиц разного размера

Для оценки степени влияния полярных стратосферных облаков на изменчивость озона в разные годы для каждой зимы модельные расчеты выполнялись по нескольким сценариям: с учетом и без учета формирования и эволюции полярных стратосферных облаков, а также с учетом и без учета сульфатного аэрозоля и химического разрушения озона, в предположении изменения содержания озона только под контролем динамических процессов. Результаты проведенных модельных экспериментов и их сравнение с результатами наземных и спутниковых измерений показывают, что химическое разрушение озона объясняет только около трети наблюдаемого уменьшения озона, тогда как даже в отсутствие процессов химического разрушения озона качественный вид наблюдаемых озоновых аномалий в зимний и начало весеннего периода сохраняется и в Арктике и в Субарктике за счет влияния только динамических условий, приводящих к формированию зон дивергенции и конвергенции потоков озона.

Литература

1. Смышляев С.П., Виролайнен Я.А., Моцаков М.А., Поляков А.В., Тимофеев Ю.М., Поберовский А.В. Межгодовые и сезонные вариации интегрального содержания озона в разных высотных слоях вблизи Санкт-Петербурга по данным наблюдений и численного моделирования // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2017. Т. 53. № 3. С. 343-359.
2. Timofeyev, Y.M., Smyshlyayev, S.P., Virolainen, Y.A., Garkusha, A.S., Polyakov, A.V., Motsakov, M.A., and Kirner, O.: Case study of ozone anomalies over northern Russia in the 2015/2016 winter: measurements and numerical modelling, *Ann. Geophys.*, 2018, 36, 1495-1505
3. Швед Г.М., Виролайнен Я.А., Тимофеев Ю.М., Ермоленко С.И., Смышляев С.П., Моцаков М.А., Кирнер О. Временные вариации содержания озона в субарктике по данным спутниковых измерений и моделирования // Известия РАН. ФАО. 2018. Т. 54. № 1. С. 36-44.

GAS COMPOSITION OF THE ARCTIC AND SUBARCTIC IN A CHANGING CLIMATE

Smyshlyev S.P.¹, Timofeyev Yu.M.², Virolainen Ya.A.²,
Motsakov M.A.¹, Polyakov A.V.²

¹ – *Russian State Hydrometeorological University, St.Petersburg, Russia, smyshl@rshu.ru*

² – *St.Petersburg State University, St.Petersburg, Russia*

Abstract. The results of numerical simulations, ground-based and satellite measurements are used to compare the features of stratospheric gases distribution in the Arctic and Subarctic in the present climate and the climate of the late twentieth century.

Key words: Arctic, Subarctic, stratosphere, gas composition, numerical simulations, ground and satellite observations