ISARD-2025-ozon002

Влияние стратосферного вулканического извержения на климатическую систему в различных фоновых условиях

Маргарита А. Ткаченко[1,2] , Евгений В. Розанов[1]

[1] St Petersburg University
[2] Russian State Hydrometeorological University

usa4eva.m@mail.ru

Представленное исследование освещает результаты численного моделирования воздействия супервулканического извержения на климатическую систему в условиях различных фоновых состояний. Данное извержение по своей мощности сопоставимо с историческим катаклизмом Тамборы 1815 года, который оказал значительное влияние на глобальный климат. Для проведения анализа была использована комплексная химико-климатическая модель SOCOL-MPIOM, позволяющая учитывать взаимосвязь между химическими и физическими процессами в атмосфере. Эксперименты проводились для трех временных срезов: современные условия и два сценария будущего климата согласно моделям SSP2-4.5 и SSP3-7.0. Методологический подход основывался на применении квазислучайной выборки с использованием последовательностей Соболя, что обеспечило оптимальное исследование параметрического пространства модели при минимизации вычислительных затрат.

Анализ полученных результатов демонстрирует усиление климатического эффекта супервулканического извержения в условиях более теплого климата конца XXI века. Это проявляется в более выраженном глобальном понижении температуры и значительном увеличении периода восстановления климатической системы в сравнении с современными условиями. Подобная интенсификация обусловлена комплексным взаимодействием радиационных и динамических процессов в атмосфере с измененным химическим составом.

Реакция озонового слоя на вулканическое воздействие характеризуется сложной пространственной структурой с выраженной широтной асимметрией. В высоких широтах наблюдается существенное уменьшение содержания озона, тогда как в тропических регионах регистрируется его увеличение. Данное явление объясняется модификацией атмосферной циркуляции и трансформацией фотохимических процессов формирования и разрушения озона под влиянием вулканических аэрозолей и измененного температурного режима.

Среди исследованных сценариев наиболее интенсивный аналог исторического "года без лета" прогнозируется при реализации сценария SSP3-7.0. Этот феномен, вероятно, обусловлен повышенными концентрациями метана и оксидов азота, характерными для данного сценария, которые существенно влияют на фотохимические процессы в атмосфере и усиливают радиационный эффект вулканических аэрозолей.

В сценариях будущего климата обнаруживается более сложная вертикальная структура температурных аномалий с выраженным контрастом между стратосферным потеплением и тропосферным охлаждением. Данная особенность указывает на интенсификацию взаимодействий между динамическими и фотохимическими процессами в условиях модифицированного химического состава атмосферы. Нарушение стратосферно-тропосферного обмена приводит к климатическим последствиям, затрагивающим широкий спектр атмосферных явлений.

Периоды восстановления озонового слоя значительно превышают временные масштабы температурной релаксации, что свидетельствует о значительном воздействии вулканического форсинга на химический состав атмосферы. Этот факт подчеркивает критическую важность учета химических обратных связей при комплексной оценке климатических последствий супервулканических извержений. Игнорирование данного аспекта может привести к существенной недооценке долгосрочных эффектов вулканической активности на глобальную климатическую систему.

This research has been supported by:

1. "Санкт-Петербургский государственный университет", grant 116234986