ISARD-2025-aerosol017

Атмосферный аэрозоль и его радиационное воздействие при высоком альбедо поверхности по данным наземных измерений и моделирования

Артем Д. Голиков[1] , Наталия Е. Чубарова[1] , Александр А. Кирсанов[2] , Николай А. Петров[1]

[1] Lomonosov Moscow State University
[2] Hydrometeorological Research Center of the Russian Federation

a050504@ya.ru

Атмосферный аэрозоль оказывает заметное охлаждающее влияние на климатическую систему, что выражается в отрицательном знаке его радиационного воздействия (IPCC, 2021). В то же время известно, что в условиях высокого альбедо поверхности аэрозольное радиационное воздействие может существенно отличаться от оценок IPCC и даже менять знак.

Для изучения радиационных эффектов аэрозоля с помощью химико-транспортной модели COSMO-ART были проведены численные эксперименты для Московского региона с 24.02.2025 по 28.02.2025, когда наблюдалась преимущественно безоблачная погода, а альбедо поверхности было высоким (A=0,68) из-за снежного покрова. Результаты моделирования позволили воспроизвести как сам атмосферный аэрозоль и его приземные концентрации, так и его влияние на радиационные характеристики для указанных условий и для условий со стандартным для Москвы альбедо поверхности (A=0.4). Кроме этого, в анализе использовались результаты модельных расчетов автономной версии модели ECRAD (Hogan, Bozzo, 2018). Результаты моделирования массовых концентраций аэрозоля (PM10 и PM2.5) сравнивались с измерениями на станциях ГПБУ «Мосэкомониторинг». Результаты модельных экспериментов также сравнивались с данными радиационных измерений комплекса MSU-RAD формата BSRN в Метеорологической Обсерватории (МО) МГУ.

Приземные концентрации аэрозоля в условиях господства антициклональной погоды в этот период, по данным Мосэкомониторинга, возрастали и 28.02 были в 2-2,5 раза выше, чем 24.02. В некоторые часы 25.02 и ночью с 27.02 на 28.02 средние часовые концентрации превышали среднесуточную ПДК. Корреляционный анализ позволил выделить слабую обратную зависимость концентраций PM10 и PM2.5 от скорости ветра, высоты температурной инверсии и высоты пограничного слоя. Сопоставление с данными измерений выявило заметное завышение модельных приземных концентраций относительно измерений практически на всех пунктах наблюдений, что, вероятно, связано с неточной оценкой промышленных выбросов во входных данных модели. Отметим, что в эксперименте с повышенным альбедо поверхности (A=0.7) приземные концентрации аэрозоля оказались выше на 10-15% относительно эксперимента со стандартным альбедо поверхности (A=0.4), предположительно, из-за уменьшения высоты пограничного слоя за счет более слабого нагревания поверхности при более высоком альбедо.

Коротковолновый баланс на ВГА и НГА по данным COSMO-ART неплохо согласуется с расчетами в модели ECRAD и измерениями (в пределах 20-30 Вт/м^2). Сопоставление компонент радиационного баланса с данными измерений у поверхности Земли выявило некоторые особенности. Суммарная радиация в COSMO-ART оказалась завышена примерно на 1-5% относительно данных измерений. Отраженная радиация в эксперименте с альбедо поверхности, равным 0,7, оказалась близка к измеренным значениям. Длинноволновая радиация оказалась несколько занижена из-за более низких модельных температур воздуха.

Радиационное воздействие московского городского аэрозоля в типичных для зимнего времени условиях (AOT□0,08, альбедо поверхности - 0,4, высота Солнца - 20°) в коротковолновом диапазоне составляет примерно -0,5 Вт/м^2 на ВГА и около -6 Вт/м^2 на НГА. При альбедо поверхности, близком к 0,7, воздействие достигает +3 Вт/м^2 на ВГА и -3 Вт/м^2 на НГА. Таким образом, при высоком альбедо поверхности, согласно модельным оценкам, радиационное воздействие аэрозоля в коротковолновом диапазоне принимает заметные положительные значения.