

Исследования ослабления солнечной радиации модельным стратосферным аэрозолем в климатических камерах

¹Иванов В.Н., Израэль Ю.А., Захаров В.М., Петров Н.Н., Андреев Ю.В., Ераньков В.Г., Савченко А.В., Куляпин В.П., Кашин Ф.В., Памухин К.В.

¹ФГБУ «Научно-Производственное Объединение «Тайфун» Росгидромета, Россия

В докладе излагаются результаты экспериментальных исследований в климатических камерах характеристик пропускания искусственным аэрозолем излучения с длиной волн $\lambda=0,63$ мкм, близкой к длине волны максимума спектра солнечного излучения. Эти исследования представляют интерес для развития геоинженерных методов сохранения современного климата с использованием искусственного аэрозоля. Исследования проводились с образованием модельного стратосферного аэрозоля в крупногабаритных климатических камерах НПО «Тайфун» объемом до 3200 м³. В лабораторных условиях изучалось ослабление света 0,63 мкм модельным твердофазным (металлохлориды, глиноземы Al₂O₃, кремнеземы (SiO₂)_n, сажа) и жидкокапельным (сернокислотным) аэрозолями, близкими по оптическим и микрофизическим характеристикам к стратосферному аэрозолю. Сернокислотный аэрозоль образовывался в результате конверсии диоксида серы под действием имитатора солнечного излучения. Исследованы микроструктурные параметры и оптические характеристики модельного твердофазного и сернокислотного аэрозоля. Показано, что их модальный размер лежит, в основном, в области 0,3-0,5 мкм, а счетная концентрация – в пределах 10-10³ см⁻³ в зависимости от массы введенного реагента. Оптическая толщина, определенная по величинам пропускания излучения ($\lambda=0,63$ мкм), с достаточной степенью точности линейно зависит от массовой концентрации аэрозоля. Получено, что при счетной концентрации модельных аэрозолей $\sim 10^2$ см⁻³, что соответствует плотности аэрозоля в осажденном слое ~ 1 мг/м² при толщине слоя (по пути луча) около 10² м, ослабление излучения искусственными аэрозольными слоями составляет около 1%. По оценкам, ослабление солнечной радиации на 1% способно понизить среднюю температуру над поверхностью Земли примерно на (0,6-1)°С, что достаточно для стабилизации современного климата. Изменение относительной влажности воздуха от 30 до 75% приводит к росту ослаблению излучения на длине волны 0,63 мкм

гигроскопическим металлохлоридным аэрозолем более, чем в 2,5 раза. Полученные данные по ослаблению для твердофазного негигроскопического аэрозоля Al_2O_3 и гигроскопического металлохлоридного аэрозоля, индифферентных к температуре и давлению окружающей среды, могут напрямую использоваться для оценок или прогноза ослабления солнечного излучения в реальных условиях нижней стратосферы, характеризующихся низкой относительной влажностью. Данные по зависимости ослабления от влажности для гигроскопического металлохлоридного аэрозоля позволят прогнозировать вариации ослабления солнечного излучения при колебаниях влажности в нижней стратосфере. На основе имитационных экспериментов сделаны оценки скоростей реакций и характерных времен протекания реакции конверсии SO_2 под действием имитатора солнечного излучения. На основе полученных данных оценена производительность имитатора солнечного излучения по гидроксилу, определяющему скорость конверсии сернистого газа в комплексный радикал $OHSO_2^\bullet$, образующий серную кислоту в результате дальнейших реакций с гидроксидом, кислородом и водяным паром. Сделаны качественные оценки скорости и характерных времен конверсии SO_2 в нижней стратосфере для реальных значений параметров реакции SO_2 с гидроксидом при температуре минус $50^\circ C$. Характерное время жизни SO_2 в нижней стратосфере относительно важнейших реакций с гидроксидом с образованием комплексного радикала $OHSO_2^\bullet$ составляет $\tau_e \sim 5 \cdot 10^6$ с. Результаты модельных экспериментов в климатических камерах использованы при подготовке и проведении ограниченных натурных экспериментов и показывают принципиальную возможность применения искусственных аэрозольных слоёв для регулирования интенсивности падающей солнечной радиации.