

ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ АТМОСФЕРНОГО ОЗОНА

Дается общая характеристика проблемы трансформации озонового слоя атмосферы, описаны общие подходы к решению этой проблемы, развивающиеся в Институте оптики атмосферы СО РАН, дана информация о научной сессии Отделения океанологии, физики атмосферы и географии Российской Академии наук.

Состоящая из трех атомов кислорода молекула озона, находясь в атмосфере, вступает во взаимодействие со значительным количеством газов как естественного, так и антропогенного происхождения, а также с аэрозолями, притом наиболее губительными для озона аэрозолями вулканического происхождения, поскольку диапазон высот их нахождения совпадает с максимумом концентрации озона, а их оптические толщи на порядки величины превышают таковые для фоновых аэрозолей антропогенного происхождения. Такое «съедание» озона вулканическим аэрозолем неоднократно регистрировалось в стратосфере над Томском на Сибирской лидарной станции Института оптики атмосферы СО РАН после мощнейшего извержения вулкана Пинатубо (Филиппины) в июне 1991 г.

Многочисленные самолетные экспедиции, проводившиеся Институтом оптики атмосферы СО РАН практически по всей территории бывшего СССР, неоднократно регистрировали в различных местах и на различных высотах результаты взаимодействия озона как с аэрозолями, так и с газовыми компонентами в тропосфере. Так, например, в атмосфере городов Хабаровска и Комсомольска-на-Амуре концентрация озона при его взаимодействии с аэрозолями в преобладающем ряде случаев уменьшается, но может и возражать. Подобные самолетные исследования экологической ситуации в атмосфере над городом Нижневартовском, известнейшим новым городом нефтяников в Тюменской области, неоднократно регистрировали нулевые концентрации озона на высотах в несколько сотен метров, обусловленные суммарным воздействием NO и NO_2 .

Из этого можно сделать однозначный вывод о бесспорном влиянии антропогенного фактора на концентрацию молекул озона в тропосфере. Указанное влияние может иметь как отрицательный, так и положительный знак. В связи с этим следует подчеркнуть, что имеющихся надежных количественных данных явно недостаточно для того, чтобы можно было сделать соответствующие обоснованные выводы, не прибегая к дополнительным систематическим и целенаправленным исследованиям.

Еще более важная проблема озона связана с детальным исследованием истончения озонового слоя в глобальном масштабе, обусловленного как антропогенным влиянием, так и естественными факторами. По данным Всемирной метеорологической организации за последние десятилетия интегральная концентрация озона в среднем за год уменьшается на 0,4%. Если предположить, что этот процесс и дальше будет проходить с такой же скоростью, то уже в обозримом будущем на нашей планете произойдет глобальная катастрофа, поскольку озоновый биологический щит перестает защищать все живое на Земле от губительной коротковолновой радиации Солнца. Понятно, что проблема озона сегодня беспокоит все человечество и что ее исследование как важнейшей комплексной проблемы глобального масштаба не терпит промедлений, в том числе и в России, несмотря на ее современное состояние глубокого кризиса.

Впервые озоновая дыра была зарегистрирована измерениями из космоса, когда она была локализована над Антарктидой. В последующие годы площадь «дыры» расширялась в Южном полушарии планеты, и, наконец, в последние годы зарегистрированы озоновые дыры в Северном полушарии, в частности над значительной территорией Западной Европы и над Восточной Сибирью. Не имея надежных данных о причинах возникновения озоновых дыр над значительными территориями Земли, рассуждая чисто качественно, можно предположить, что, вероятно, главную роль играют не антропогенные, а естественные факторы, изучение совместного и раздельного действия которых следует считать особо важной задачей озонной проблемы.

Комплексное исследование озонной проблемы требует разработки методов и технических средств прежде всего дистанционного зондирования концентрации озона и всех главных компонентов озонового цикла из космоса, с самолетов, с кораблей и наземными стационарными и мобильными системами. При этом результаты, получаемые с самолетов, кораблей, а также наземными средствами, имея самостоятельное значение, в то же время должны использоваться для валидации космических данных. Особо следует подчеркнуть значение тех программ, которые призваны решить проблему механизмов деструкции молекул озона при различных метеорологических условиях и синоптических ситуациях.

Анализ современного состояния проблемы озона показывает, что космические методы получения профилей озона по ряду важных причин пока не используются, самолетные и в особенности корабельные исследования дают фрагментарные данные, существующая сеть аэрологических станций не обеспечивает зондирование профилей озона с необходимой плотностью по территории и во времени. Так, например, на всей территории России не проводятся запуски озонозондов. Сеть наземных станций, определяющих полное содержание озона в вертикальном столбе атмосферы, может рассматриваться как важное дополнение к упомянутому методу космического зондирования. Лидарные станции, обеспечивающие зондирование профилей озона с Земли, неравномерно размещены, и их явно недостаточно (всего не более 30), притом зондирование на них ведется нерегулярно.

Исследование физических и химических механизмов деструкции озона требует одновременного получения надежных количественных данных о профилях концентрации озона прежде всего в максимуме, т.е. в нижней стратосфере, а также во всей толще тропосферы, включая планетарный пограничный слой и слой у поверхности Земли. Хотя нижние слои тропосферы не вносят в образование озоновых дыр сколько-нибудь значительного вклада, тем не менее многократно зарегистрированные в приземном слое атмосферы эпизодические существенные увеличения концентрации озона, опасные для здоровья людей, требуют усилить внимание и к этим фактам.

Примером серьезной заявки на решение проблемы физических и химических механизмов деструкции озонового слоя, начиная от поверхности Земли и до высот порядка 50 км, следует считать создание, развитие и использование уникальной Сибирской лидарной станции Института оптики атмосферы СО РАН, для размещения которой был построен специальный 4-этажный корпус. В настоящее время станция обеспечивает одновременное зондирование профилей концентрации озона, отношения коэффициентов аэрозольного и рэлеевского обратного рассеяния, концентрации и спектров размеров частиц аэрозолей, температуры, влажности при использовании целой совокупности длин волн лазерного зондирующего излучения. При этом регистрация лидарных сигналов через независимые каналы осуществляется в приемных системах телескопов с диаметрами зеркал 2,2; 1,0; 0,5 и 0,3 м.

Практически одновременно с получением лидарных данных проводится зондирование профилей NO_2 с помощью сумеречного спектрофотометра, а к концу 1996 г. планируется спектрофотометрирование NO_3 . Во время сеансов измерений ведутся радиозондовые и озонозондовые измерения. Кроме того, при необходимости привлекаются мобильные лидары для зондирования профилей скорости и направления ветра и других параметров. Разумеется, что кроме создания описанной уникальной материальной базы станции была проделана огромная работа по решению сложнейших некорректных обратных задач.

С помощью указанной системы зондирование аэрозолей (отношение рассеяния) начато в 1986 г., микрофизических параметров аэрозолей – в 1991, озона – в 1989, температуры – в 1994, профилей NO_2 – в 1995 г. Профили аэрозольных характеристик и озона систематически одновременно получались с момента появления вулканических облаков от вулкана Пинатубо, с первого дня их появления над Томском 29.06.1991 г., и до исчезновения их следов в 1995 г.

Учитывая несомненную актуальность проблемы озона, Отделение океанологии, физики атмосферы и географии Российской Академии наук провело специальную научную сессию, посвященную этой проблеме. На сессии был заслушан и обсужден 21 научный доклад и принято решение об их публикации в специальном выпуске журнала «Оптика атмосферы и океана» (оно осуществлено в данном номере). Следует подчеркнуть, что доклады были представлены основными специалистами России по этой проблеме. За пределами заслушанных докладов остались лишь задачи активного воздействия на озоновый слой техническими средствами с целью увеличения концентрации озона в районе его максимума. Однако подобные задачи требуют еще до-

полнительной доработки, включая оценку климатической и экологической опасности последствий таких воздействий, а также оценку финансовых затрат и их эффективности.

Институт оптики атмосферы СО РАН,
Томск

Поступила в редакцию
20 апреля 1996 г.

V. E. Zuev. **General Problems of Atmospheric Ozone.**

The general characteristic of the problem of the atmospheric ozone layer transformation is presented in the paper. The general approaches to the problem solution, which are evolving at the Institute of Atmospheric Optics SB RAS, are described together with the information about the Scientific Session of the Department of Oceanology, Atmospheric Physics, and Geography of RAS.