

УТВЕЖДАЮ

Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева
Сибирского отделения Российской академии наук,
д.ф.-м.н., профессор
Г.Г. Матвиенко
«17» мая 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Боровского Александра Николаевича «Спектрометрические измерения содержаний диоксида азота и формальдегида в атмосфере и характеристики их временной изменчивости», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы»

1. Актуальность работы

В контексте растущего влияния антропогенных факторов на окружающую среду важной частью исследований в физике атмосферы является определение причин и механизмов изменения состава атмосферы. Окислы азота (NO_x) являются важнейшими участниками фотохимических процессов в тропосфере и стратосфере. В частности, NO_x являются ключевыми элементами азотного цикла, который играет главную роль в разрушении озона в стратосфере и его образовании в тропосфере. Особую роль в формировании благоприятных условий для генерации озона играют летучие органические соединения (ЛОС). Промежуточным продуктом окисления практически всех ЛОС является формальдегид, что позволяет использовать информацию о содержании формальдегида в пограничном слое атмосферы для оценки интенсивности фотохимических процессов и загрязнения тропосферы летучими органическими соединениями. В свою очередь, изменчивость содержания NO_x в атмосфере (время жизни NO_x от нескольких часов до нескольких дней) является индикатором возможных изменений ее химического состава, радиационного баланса, а также изменений атмосферной циркуляции.

Отсюда следует, что диссертационная работа А. Н. Боровского, посвященная совершенствованию спектральных методов наблюдения содержания двуокиси азота и формальдегида в атмосфере и исследованию их временной изменчивости, является актуальной.

2. Краткий обзор содержания работы

Диссертационная работа А. Н. Боровского состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 109 источников. Объем диссертации составляет 127 страниц, содержит 28 рисунков и 15 таблиц.

Во введении к диссертации обоснована актуальность темы, сформулированы цель исследований и задачи, решение которых обеспечивает достижение обозначенной цели, перечислены основные результаты работы, их новизна и значимость.

В первой главе приведен обзор литературы, посвященной изучению фотохимических процессов в атмосфере и механизмов влияния окислов азота и органических соединений, включая формальдегид, на содержание озона в стратосфере и тропосфере. Рассмотрены основные проблемы, связанные с использованием дистанционных методов измерения содержания NO_x и формальдегида в атмосфере. На

основе проведенного анализа автор сформулировал задачи, которые не были решены на момент начала исследований.

Вторая глава посвящена усовершенствованию дистанционных спектрометрических методов измерений содержания двуокиси азота и формальдегида. Представлен общий подход к определению содержания примеси в столбе атмосферы и описаны разработанные автором процедуры его реализации для решения поставленных задач. Подробно описано развитие автором алгоритмов для определения: 1) общего содержания NO_2 в атмосфере из измерений спектров ослабления прямого солнечного излучения на Кисловодской высокогорной научной станции; 2) интегрального содержания НСНО в пограничном слое атмосферы (ПСА) из измерений спектров ослабления рассеянного в зените солнечного излучения в безоблачных условиях на Звенигородской научной станции. Приведены результаты валидации усовершенствованных методов посредством сравнения результатов, полученных разными научными группами в рамках международных кампаний сравнений измерительных комплексов.

В третьей главе приводятся результаты анализа временной изменчивости общего содержания (ОС) NO_2 , полученные автором при анализе уникального 30-летнего банка данных о спектральном составе прямого солнечного излучения, наблюдения которого проводились на Кисловодской высокогорной научной станции (КВНС) с 1979 по 2008 гг. Большая продолжительность наблюдений (почти 3 полных 11-летних цикла солнечной активности) позволило корректно определить линейный тренд изменчивости ОС NO_2 , оценить влияние на ОС NO_2 солнечной активности и вулканических извержений, оценить связь изменчивости ОС NO_x с крупномасштабной атмосферной циркуляцией (КДЦ и Эль-Ниньо).

Четвертая глава посвящена анализу изменчивости интегрального содержания формальдегида в пограничном слое атмосферы в безоблачных условиях, вызываемой изменениями температуры воздуха, а также влиянием Московского мегаполиса на состав региональной атмосферы

В заключении сформулированы наиболее значимые результаты и выводы полученные в работе

3. Научная новизна полученных результатов

К наиболее важным результатам работы А.Н. Боровского, определяющим новизну и значимость диссертации, следует отнести следующие:

1. Обработан и проанализирован уникальный по продолжительности однородный ряд данных измерений общего содержания NO_2 , полученный по наблюдениям спектрального состава прямого солнечного излучения на Кисловодской высокогорной научной станции с 1979 по 2008 гг.

2. Выявлен значимый отрицательный линейный тренд общего содержания NO_2 в атмосфере над Северным Кавказом, а также продолжительный (порядка 4 лет) эффект влияния извержения вулкана Пинатубо на общее содержание NO_2 .

3. Показано наличие статистически значимых связей общего содержания NO_2 с 11-летним циклом солнечной активности, квазидвухлетней цикличностью атмосферной циркуляции и, впервые, явлением Эль-Ниньо.

4. Усовершенствован метод восстановления интегрального содержания формальдегида в пограничном слое атмосферы по спектрам поглощения солнечной ультрафиолетовой радиации в безоблачных условиях.

5. Впервые в России получены данные об интегральном содержании формальдегида в пограничном слое атмосферы по измерениям спектрального состава рассеянной солнечной радиации на Звенигородской научной станции с 2009 по 2016 гг. Подтверждена зависимость формальдегида от температуры и оценен рост его содержания при увеличении температуры. Получено свидетельство влияния Московского мегаполиса на содержание формальдегида и качество воздуха в районе Звенигорода.

6. Подготовлен современный измерительный комплекс, который может использоваться для измерения общего содержания NO_2 в атмосфере и интегрального содержания формальдегида в пограничном слое атмосферы. Измерительный комплекс успешно прошел сертификационные испытания в международной кампании сравнений приборов для измерений содержания двуокиси азота и формальдегида.

4. Практическая ценность работы

Практическая значимость работы определяется полученными автором новыми данными о распределении NO_2 в атмосфере Земли, которые получены из долговременных измерений спектров поглощения прямого солнечного излучения на Кисловодской высокогорной научной станции. Большая продолжительность наблюдений позволила более достоверно оценить связи временной изменчивости ОС NO_x с геофизическими процессами. Дальнейшее использование усовершенствованных автором методов определения содержания двуокиси азота и формальдегида открывают широкие возможности для оценки качества воздуха в районе измерений, влияния антропогенной активности на состояние атмосферы, анализа глобальных и региональных изменений состава атмосферы, валидации спутниковых измерений, расчетов с использованием транспортных и транспортно-химических моделей, прогнозирования уровня загрязнения атмосферы, в том числе мегаполисами.

5. Обоснованность и достоверность полученных результатов и сделанных выводов.

Достоверность научных результатов и выводов подтверждается их сопоставлением с данными, полученными из других источников. Валидация усовершенствованных методов определения общего содержания двуокиси азота и интегрального содержания формальдегида в атмосфере проводилась сравнением результатов обработки спектров различными реализациями методов, которые разработаны и используются несколькими научными группами.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты, полученные в диссертации, могут быть рекомендованными к использованию в исследованиях в ИФА РАН, ИОА СО РАН, НПО Тайфун, МГУ и других учреждениях РФ, коллективы которых занимаются исследованием пространственно-временной изменчивости малых газовых составляющих атмосферы, моделированием атмосферных процессов.

7. Замечания по работе

1. Наблюдения общего содержания NO_2 по прямому солнечному излучению несомненно имеют ряд преимуществ перед традиционным методом наблюдений по рассеянному солнечному излучению. В диссертационной работе упоминается о проведении на Кисловодской высокогорной научной станции синхронных наблюдений содержания NO_2 обоими методами. В то же время сравнение данных, полученных двумя методами, в работе отсутствуют. Было бы важно провести такие сравнения, особенно в ситуациях, характеризующихся резким изменением оптических свойств атмосферы после вулканических извержений. Такие сравнения могли бы быть использованы для коррекции алгоритма расчетов общего содержания NO_2 по рассеянному солнечному излучению.

2. Кисловодская высокогорная научная станция расположена в незагрязненном районе на высоте около 2 км над уровнем моря, поэтому полученный автором долговременный ряд общего содержания NO_2 представляет большой интерес для валидации спутниковых измерений в фоновых условиях. Можно было бы провести сравнение полученного ряда с данными спутниковых наблюдений, что позволило бы оценить качество спутниковых измерений общего содержания NO_2 над горами.

3. В работе вскользь упоминается о наблюдениях приземной концентрации формальдегида на сети станций мониторинга загрязнения воздуха Росгидромета и на сети станций Мосэкомониторинга. Учитывая малое время жизни формальдегида и, соответственно, его высокую изменчивость, нельзя ожидать, что прямые сравнения

приземных концентраций и интегрального содержания формальдегида в пограничном слое атмосферы будут информативны. Тем не менее, используя результаты метеонаблюдений и данных о вертикальной стратификации пограничного слоя атмосферы можно было бы попытаться объяснить некоторые особенности временной и пространственной изменчивости полученных в работе данных под влиянием загрязнений, поступающих из Москвы в ее окрестности, в частности, в район Звенигорода.

3. В диссертации приведены примеры определения содержания формальдегида в облачных условиях, что указывает на то, что усовершенствованный автором метод может быть универсальным и использоваться для определения содержания формальдегида как в безоблачных, так и в облачных условиях. Однако в работе анализируются данные, полученные только в безоблачных условиях, что существенно ограничило возможности интерпретации характеристик и механизмов изменчивости содержания формальдегида при оценке влияния города на региональную атмосферу. Жаль, что автор не полностью обработал исходные данные и не сформировал непрерывный ряд интегрального содержания формальдегида в пограничном слое атмосферы, который был бы более информативен для исследования процессов, определяющих изменчивость формальдегида в атмосфере.

8. Общая характеристика диссертационной работы

Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку выполненной А.Н. Боровским работы. Все представленные в диссертации результаты получены, обработаны и проанализированы при непосредственном участии автора. Автореферат объективно отражает содержание диссертации, положения, выносимые на защиту, соответствуют основным результатам работы. Результаты исследований опубликованы в 10 статьях, удовлетворяющих требованиям ВАК, общее количество публикаций – 56. Материалы диссертации докладывались на 29 конференциях и симпозиумах.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой нашла отражение достаточная профессиональная подготовка автора. Работа отвечает требованиям п. 2 "Положения о порядке присуждения учёных степеней", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации 24 сентября 2013 г №842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор Боровский Александр Николаевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.29 – «Физика атмосферы и гидросферы».

Доклад А.Н. Боровского по материалам диссертационной работы заслушан и обсужден на семинаре Научного направления "Радиационные составляющие климата и оптическая диагностика окружающей среды" ИОА СО РАН 16.03.2017.

Отзыв составил главный научный сотрудник, доктор физико-математических наук Романовский Олег Анатольевич, e-mail: roa@iao.ru, телефон: +7 3822490462
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 634055, г. Томск, пл. Акад. Зуева, 1

Зам. директора ИОА СО РАН по научному направлению «Радиационные составляющие климата и оптическая диагностика окружающей среды»,
д.ф.-м.н.

Панченко М.В.

Главный научный сотрудник ИОА СО РАН,
д.ф.-м.н.

Романовский О.А.

Ученый секретарь ИОА СО РАН,
к.ф.-м.н.

Тихомирова О.В.

17 мая 2017 г.

