

На правах рукописи

Абдуллаев Сабур Фузайлович

**КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЫЛЕВЫХ И ГАЗОВЫХ
ПРИМЕСЕЙ В АРИДНЫХ ЗОНАХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА РЕГИОНАЛЬНЫЙ
КЛИМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ
АЗИИ**

Специальность:

25.00.30 — метеорология, климатология и агрометеорология.

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук**

Душанбе - 2014

Работа выполнена в лаборатории физики атмосферы Физико-технического института им. С.У.Умарова Академии наук Республики Таджикистан

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор **Матвеев Юрий Леонидович**
Государственная полярная академия

доктор физико-математических наук,
профессор **Макштас Александр Петрович**
ААНИИ Росгидромета

доктор физико-математических наук,
Васильев Александр Владимирович
Санкт-Петербургский государственный университет

Ведущая организация: Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки Институт оптики атмосферы им. В.Е.Зуева Сибирского Отделения Российской академии наук

Защита состоится «05» июня 2014 года в 15³⁰ на заседании диссертационного совета Д 212.197.01 при ГОУВПО «Российский государственный гидрометеорологический университет» по адресу: 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98. (812) 372-50-92, (812) 633-01-82.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУВПО «Российский государственный гидрометеорологический университет».

Отзывы направлять по адресу: 195196, Россия, Санкт-Петербург, Малоохтинский проспект, дом 98, РГГМУ, диссертационный совет Д 212.197.01, Сайт: www.rshu.ru, E-mail: rshu@rshu.ru

Автореферат разослан « 07 » апреля 2014года.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат физико-математических наук,
доцент



Л.В.Кашлева

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика научного направления и его актуальность

Атмосферный аэрозоль представляет собой наиболее распространенный в природных условиях тип дисперсной системы, состоящей из твердых и жидких частиц, находящихся во взвешенном состоянии в атмосферном воздухе.

Атмосферный аэрозоль наряду с парниковыми газами и облачностью играет важную роль в радиационно-климатических процессах [1-18].

Эти процессы во многом определяются не только вкладом парниковых газов, но и возрастающей ролью атмосферного аэрозоля в рассеянии и поглощении оптического излучения в атмосфере и перераспределении аэрозольного вещества, а также его пространственной и временной изменчивостью. Следовательно, прогноз региональных и глобальных изменений климата требует изучения динамики радиационных процессов, протекающих в атмосфере. Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о сильной изменчивости поля концентраций аэрозоля в атмосфере и больших вариациях его оптических характеристик, вызванных вариациями микроструктуры, химическим составом и форм частиц [12,19-24].

Поэтому, комплексные исследования вариаций аэрозольных характеристик аридной зоны как контактными, так и дистанционными методами представляют большой научный интерес.

С развитием технических систем точные данные о физических процессах, происходящих в аэрозолях, представляют интерес для наземной и спутниковой радиосвязи, электроэнергетики, радиолокации, авиации, метеорологии.

В 80-х и 90-х годах в СССР был выполнен широкий комплекс совместных, судовых, самолетных и наземных контактных измерений микрофизических характеристик аэрозольных систем и происходящих в них динамических процессов при распространении аэрозолей [5,16-17]. В ходе этих работ была доказана необходимость дальнейшего совершенствования методов обработки и анализа результатов, а также доработки экспериментальных комплексов. В то же время было установлено, что необходим регулярный контроль оптических и микрофизических характеристик с использованием отдельных контактных инструментов, размещенных у земли в период образования и распространения пылевых выносов. Арсенал контактных средств, при помощи которых можно получать информацию об оптических и микрофизических характеристиках атмосферных аэрозолей, расширяется.

Вместе с тем для постоянного слежения (мониторинга) за вариациями облачности, газового и аэрозольного состава атмосферы наиболее эффективны дистанционные оптические методы (наземные, спутниковые и самолетные), позволяющие охватывать большие регионы и вести мониторинг непрерывно [25].

Для определения пространственного распределения атмосферного аэрозоля, газовых компонентов атмосферы, определения оптических и микрофизических параметров аэрозоля, например, для измерения метеорологической дальности видимости, спектрального вертикального профиля объемного коэффициента аэрозольного ослабления, альбедо однократного рассеяния в странах СНГ и за рубежом интенсивно разрабатываются методы дистанционного лазерного (лидарного) зондирования окружающей среды [26-28].

В связи с трудностями задач дистанционного зондирования аэрозоля, существенным этапом их решения становится теоретическое (модельное,

численное) исследование возможностей определения из измерений параметров аэрозоля и сам выбор соответствующего набора параметров [29-32].

Вопрос о значении различных факторов, влияющих на определение аэрозольной оптической толщи рассеяния из наблюдений яркости неба в ближней ИК - области спектра является перспективным [33-34]. Для этих целей используются результаты измерений оптических толщ и яркости неба в сети AERONET.

В лаборатории физики атмосферы Физико-технического института им. С.У. Умарова АН Республики Таджикистан при поддержке академика Г. С. Голицына по инициативе к.ф.-м.н А. Х. Шукурова и под руководством к.ф.-м.н. Назарова Б.И., и диссертанта на протяжении более чем 30-ти лет выполнялись комплексные экспериментальные исследования оптических, микрофизических, химических и радиационных характеристик аэрозолей как контактными, так и дистанционными методами. Одним из эффективных способов определения оптических характеристик атмосферного аэрозоля являются методы фотометрии прямого и рассеянного солнечного излучения. В настоящее время наиболее развитой системой в части автоматизации измерений, оперативности получения данных и глобального охвата является сеть аэрозольных наблюдений АЭРОНЕТ (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>). В г. Душанбе исследования аэрозольной оптической толщины (АОТ) атмосферы по программе АЭРОНЕТ проводятся с июля 2010 года в режиме регулярных измерений по проекту МНТЦ Т-1688, Т-2076 при поддержке коллабораторов из Франции, США и Португалии, с помощью фотометра CE-318 сети АЭРОНЕТ. Начиная с 1985 г. в этих исследованиях (измерения, обработка и их интерпретация) принимал непосредственное участие и автор данной работы. Эти экспериментальные результаты вошли в многочисленные научные статьи и сборники, в материалах Международных Совещаний и конференций, а также в республиканские издания [1-91].

Актуальность проблемы. Аэрозоль играет существенную роль в формировании и изменении климата, как в региональном, так и в глобальном масштабе. В атмосфере аридной зоны аэрозоль часто генерируется пылевой бурей и состоит преимущественно из пылевых частиц минерального происхождения. Его мелкодисперсная фракция (частицы с диаметром $<1\mu\text{м}$) может распространяться воздушным потоком достаточно далеко от источника и долгое время оставаться в атмосфере. Атмосферная пыль является аэрозолем, заметно поглощающим солнечное излучение и одновременно прозрачным для теплового излучения [9-11]. Характер наблюдаемых эффектов определяется оптическими и микрофизическими свойствами частиц, а именно - их комплексным показателем преломления, распределением частиц по размерам, формой, их плотностью и общей концентрацией в атмосфере.

В зависимости от концентрации пыли, ее высотного профиля, времени суток и длительности пребывания пыли в атмосфере, она может оказывать различное влияние на температуру воздуха и земной поверхности. Для частиц размерами порядка микрона и меньше, которые определяют непрозрачность при пыльных бурях (пыльной мгле) ПБ(ПМ), видимое излучение поглощается сильнее, чем тепловое. Поэтому днем можно ожидать снижение температуры земной поверхности при запылении атмосферы, а ночью – некоторое потепление по сравнению с нормальными условиями, так как тепловое излучение поверхности

будет частично поглощаться запыленной атмосферой и переизлучаться обратно. Пыль может увеличить и альбедо системы [10,11].

Первый эффект уже отмечен в работе [12], где на примере облаков пыли из Сахары в Нигерию описывалось падение на несколько градусов температуры днем с одновременным уменьшением суммарной солнечной радиации, приходящей к поверхности, на 20-30 %. Заметное поглощение пустынным аэрозолем видимого излучения также отмечалось по наблюдениям в [12].

Как отмечено в [10,13], метеорологические эффекты пыльных бурь на Марсе, достигают глобальных размеров и продолжаются несколько недель. Во время пылевых бурь атмосфера Марса может разогреваться на 20-30°K из-за поглощения пылью солнечной радиации, интенсивность которой на поверхности падает в несколько раз, а сама поверхность остывает в среднем на 10-25°K. Исследованы микрофизические и оптические свойства частиц марсианской пыли, в то время как пыльные бури в земной атмосфере не привлекли к себе должного внимания специалистов. Это можно объяснить как сравнительной их кратковременностью (обычно 1-2 дня), так и локальностью. Вместе с тем известно, что Сахарская пыль играет определенную роль в климате региона самой пустыни и Атлантики к западу от нее, куда пассаты часто выносят миллионы тонн пыли, достигающей иногда Америки [12-13], определенную роль играет пыль также и для климата Китая [14].

На основе анализа чисто метеорологической информации, авторами [10] отмечены ряд интересных эффектов пыльных бурь. Это, прежде всего, уменьшение дневных температур и некоторое увеличение ночных. Хотя в последние годы утвердилось мнение, что поглощающий аэрозоль в нижних слоях тропосферы должен приводить к некоторому потеплению поверхности [15].

Можно полагать, что пыльные бури по своим температурным эффектам являются природным аналогом дыма при изучении климатических последствий извержений крупных вулканов и пожаров [9,14,16, 35-38]).

Актуальность исследования аэрозоля связано с тем, что перед землетрясением отмечается заметное увеличение концентрации частиц с $d \sim 0.5 - 0.6$ мкм и 2 -4 мкм. Это сопровождается увеличением фактора обогащения для элементов Br, Cl, S, Se, Hg. Наблюдается максимум концентрации SO₂ и двукратное уменьшение концентрации озона [8]. Кроме этого над сейсмоопасными регионами перед сильными землетрясениями выявлены аномальные пятисуточные вариации оптической толщины атмосферы [39].

Полученные результаты в этом направлении могут быть основой для создания технологии мониторинга сейсмической опасности по данным сетевых наблюдений за прозрачностью атмосферы, в том числе с использованием лидаров, чтобы снизить влияние облачности на проведение наблюдений.

Актуальность данной темы подтверждается тем фактом, что за последний четверть века расширяется сеть наземных станций по наблюдению за аэрозольной оптической толщиной, таких как BMO (<http://www.bsc.es/publications/wmo-sand-and-dust-storm-warning-system>), NASA проект AERONET/Aerosol Robotic Network (www.aeronet.gsfc.nasa.gov), NOAA (<http://www.noaa.gov/>), и исследованию других оптических свойств аэрозоля, которые являются составной частью многих научных программ и проектов: Всемирная программа исследований климата (WCRP-www.wmo.ch/web/wcrp/wcrp-home.html), Международная геосферно-биосферная программа (IGBP- <http://www.igbp.net>), ECMWF(<http://gems.ecmwf.int/>),

национальные программы - "Глобальные изменения природной среды и климата" <http://www.gpntb.ru/win/elbib/oxrana/oos1.2.5.htm> (Россия), "Атмосферные радиационные измерения" ABM Program, США, "Климато-экологический мониторинг Сибири" (Россия). Постоянно развиваются и совершенствуются методики определения АОТ атмосферы над океаном с помощью спутниковых радиометров AVHRR(<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>), MODIS (<http://modis.gsfc.nasa.gov/>), SeaWiFS (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/SeaWiFS/>) и др.

Общая характеристика работы

Цель работы. Комплексное экспериментальное исследование оптических, микрофизических, химических и радиационных характеристик пылевого аэрозоля, образующегося в результате пылевых бурь (пылевой мглы) в условиях аридной зоны юго-восточной части Центральной Азии, его температурных эффектов и влияния их на климат.

Основными задачами работы являются:

1. Создание комплексной экспериментальной установки для исследования оптических и микрофизических параметров аэрозолей, как в натуральных, так и в лабораторных условиях, в диапазоне длин волн излучения 0.3-25 мкм.
2. Разработка и изготовление многокаскадного импактора, обеспечивающего равномерное осаждение проб аэрозолей на поверхность импакции.
3. Исследование температурных эффектов пыльной мглы, возникающей вследствие пылевых бурь, в условиях аридной зоны Таджикистана.
4. Исследование спектров флуоресценции пылевого аэрозоля в лабораторных условиях методом лазерной флуориметрии.
5. Исследование оптических характеристик пылевого аэрозоля, методами ИК - и фотоакустической спектроскопии, а также методом диффузного отражения.
6. Исследование проб пылевого аэрозоля и проб почв по пути его распространения на микроэлементный состав, методом рентгено-флуоресцентного анализа и на наличие радионуклидов методом альфа-, бета- и гамма-спектрометрии.
7. Исследование оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля по данным системы AERONET г. Душанбе.
8. Изучение антропогенных факторов, влияющих на изменение климата и условия возникновения пылевых бурь в аридной зоне: вариации концентрации углекислого газа, приземного озона и водяного пара в атмосфере, изменение альbedo поверхности, изменение радиационных характеристик атмосферы (прямая, суммарная, отраженная и рассеянная радиации).

Методы исследования

В работе использованы методы ИК - и фотоакустической спектроскопии, лазерной флуориметрии, метод диффузного отражения, элементный и изотопный анализ. Экспериментальные методы опирались на методы математической статистики при обработке результатов измерений.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые:

- 1) получены соотношения оптических толщин в видимой и ИК области спектра для пылевого аэрозоля, образующегося в результате пылевой бури;
- 2) проведен анализ температурных эффектов пылевого аэрозоля по данным пяти наземных станций, расположенных по пути распространения пылевой мглы в

республиках Туркменистан (ст. Байрамали, ст.Репетек), Узбекистан (ст.Термез), и Таджикистан (г.Курган-Тюбе, г.Душанбе);

3) проведен физико-химический анализ проб аэрозолей и почв с целью выяснения химического состава составляющих эти пробы веществ и оценки оптических констант аэрозоля;

4) проведены исследования проб пылевого аэрозоля и проб почв, собранных по пути распространения пылевой мглы, методом ИК – спектроскопии;

5) предложен способ определения вероятных зон образования пылевых бурь методом ИК - спектроскопии в диапазоне 2.5-25 мкм по сопоставлению с ИК - спектром банка данных;

6) проведено исследование проб пылевого аэрозоля и образцов почвы методом лазерной флуориметрии, с целью определения возможностей экспресс-анализа загрязнения водных сред, вследствие пылевой бури и пыльной мглы и идентификации вероятных зон пылевых бурь;

7) получены спектры поглощения проб пылевого аэрозоля и образцов почв фотоакустическим методом – в УФ и видимой областях спектра, а также методом диффузного отражения – в видимой области спектра;

8) проведены исследования проб пылевого аэрозоля и проб почв, собранных по пути распространения пылевой мглы, на микроэлементный состав методом рентгено-флуоресцентного анализа и на наличие радионуклидов, методом альфа-, бета - и гамма - спектрометрии;

9) по данным лабораторных оптических исследований образцов пылевого аэрозоля методом Крамерса-Кронига, получены спектры показателя поглощения $k(\nu)$ и показателя преломления $n(\nu)$ веществ аэрозоля в ИК - области спектра ($\lambda = 2.5-25\text{мкм}$);

10) проведено исследование оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля по данным системы AERONET г. Душанбе.

Достоверность полученных результатов.

При экспериментальных измерениях наблюдалась статистическая повторяемость результатов, а ошибки измерений, как показал их анализ, были значительно меньше самих измеряемых величин и их интегральных изменений в процессе эксперимента. Достоверность результатов обеспечивалась большим объемом экспериментальных данных (более 80 проб пыли и почвы), полученных с высокой степенью регулярности, систематическими калибровками приборов и использованием современных методик измерений и расчетов изучаемых характеристик. Обсуждаемые в работе результаты анализа дополняют и согласуются с данными других исследователей и не противоречат существующим представлениям о механизмах изменчивости аэрозоля в аридной и субаридной зоне. Данные, полученные по системе AERONET, соответствуют самому высокому уровню обработки (level 2.0: 23113 серий измерений).

Практическая и теоретическая значимость работы.

Созданная комплексная экспериментальная установка для исследования оптических и микрофизических параметров аэрозолей как в природных, так и в лабораторных условиях в диапазоне длин волн излучения 0,3-12 мкм в настоящее время используется в различных лабораториях.

Разработанный и изготовленный многокаскадный импактор для равномерного осаждения проб аэрозолей на поверхность импакции является

действующим прибором, который может быть применен для исследования оптических и микрофизических характеристик проб аэрозолей.

Результаты исследований температурных эффектов ПБ (ПМ) и его оптических характеристиках в видимом и ИК – областях спектра могут быть использованы для теоретических оценок влияния пылевого аэрозоля на температурный режим приземного слоя воздуха в период пылевой мглы.

Результаты исследований пылевого аэрозоля методом лазерной флуориметрии могут быть использованы для экспресс-анализа загрязнения водных сред вследствие ПБ (ПМ).

Результаты исследований аэрозолей методом ИК - и фотоакустической спектроскопии и диффузного отражения могут быть использованы при теоретических расчетах влияния пылевого аэрозоля аридной зоны на радиационный режим и климат аридной зоны.

Аппаратурный комплекс лаборатории физики атмосферы, функционирующий с июля 2010 года в системе AERONET, позволяет проводить регулярные ежедневные измерения спектральной аэрозольной оптической толщины атмосферы на 7 длинах волн в УФ, видимой и ближней ИК - области спектра ($\lambda = 340, 380, 440, 500, 670, 870$ и 1020 нм), яркости неба в альмукантарате и в плоскости солнечной вертикали на 4-х длинах волн ($\lambda = 440, 670, 870$ и 1020 нм), общего содержания водяного пара в атмосфере представленные на сайте <http://aeronet.gsfc.nasa.gov>.

Данные измерений будут использованы для восстановления следующих оптико-микрофизических характеристик аэрозоля: аэрозольной оптической толщины; параметра Ангстрема (как характеристики спектральной зависимости оптической толщины); интегрального содержания водяного пара в атмосферном столбе; функции распределения аэрозольных частиц по размерам; показателя преломления вещества аэрозольных частиц (действительная и комплексная часть); альбедо однократного рассеяния и фактора асимметрии частиц.

База данных, полученная в работе, найдет **применение** в качестве справочного материала при моделировании и изучении радиационного режима атмосферы аридной зоны, в определении количественных и качественных характеристик аэрозольной компоненты атмосферы, при моделировании переноса излучения в реальной атмосфере и климатических изменений в региональном и глобальном масштабе; для подтверждения и коррекции данных спутниковых наблюдений аэрозоля; для мониторинга и определения динамики трансформации и перемещения аэрозоля в атмосфере аридной зоны; для сетей по радиационному мониторингу, и мониторингу озона и углекислого газа; для оценки трендов (месячных, сезонных, годовых) изменения оптических свойств атмосферы и для оценки степени загрязнения воздушного бассейна г. Душанбе.

Материалы исследований вошли в отчеты лаборатории физики атмосферы ФТИ им. С.У.Умарова АН РТ за 1982-2013 гг. и в отчеты Международного научно-технического центра (проект Т-1688).

Основные положения, выносимые на защиту

1. Разработка методики и экспериментальной установки для исследования пылевого аэрозоля аридной зоны.
2. Комплексные исследования оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля.

3. Результаты исследований проб пылевого аэрозоля методом лазерной флуориметрии, ИК - и фотоакустической спектроскопии, диффузного отражения, элементного и рентгена – структурного анализа.

4. Результаты подробного анализа влияния пылевых бурь (пыльной мглы) на температурный режим приземного слоя воздуха и почвы по пути распространения пыльной мглы (по данным пяти наземных станций).

5. Оптические и микрофизические характеристики аэрозоля, полученные по системе AERONET в г. Душанбе: аэрозольной оптической толщины; параметра Ангстрема; интегрального содержания водяного пара в атмосферном столбе; функции распределения аэрозольных частиц по размерам; комплексного показателя преломления вещества аэрозольных частиц; альbedo однократного рассеяния.

6. Оценка влияния антропогенных факторов на изменение климата юго-восточной части Центральной Азии: вариации концентрации углекислого газа, приземного озона и водяного пара в атмосфере, изменение альbedo поверхности, изменение радиационных характеристик атмосферы.

Апробации работы. Основная часть результатов исследований докладывалась и обсуждалась на: семинарах ФТИ им. С.У. Умарова АН РТ (Душанбе; 1990 - 2012 г.г.), итоговом советско-американском совещании по пылевому аэрозолю (Санкт-Петербург, 1991г.), Российской аэрозольной конференции (Москва, 1993г.), семинаре кафедры оптики и волновых процессов в Международном лазерном центре (МГУ Москва, 1993г), Международной конференции по лазерам (Иран, Тегеран, 1993 г.), Международном симпозиуме, посвященному «70-летию советско-германской экспедиции 1928 года по изучению Памира», (Душанбе, 1999г.), Международной конференции «Современное состояние водных ресурсов Центральной Азии - проблемы и перспективы рационального использования» (Душанбе, 2003г.), XII, XIII и XVII-ом Международном объединенном симпозиуме посвященному «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» (Томск, 2005, 2006, 2011г.), Российско-Канадском семинаре «Мониторинг атмосферного переноса загрязнения при террористических актах, взрывах и пожарах промышленных предприятий» (Москва, 2006г.), Международной конференции «Экологическая безопасность урбанизированных территорий в условиях устойчивого развития» (Астана, 2006г., ЕНУ им. Л. Н. Гумилева), Международной конференции по «Физике конденсированных систем» (Душанбе 1999,2001,2004,2006,2008,2010-2011гг.), Международном совещании экспертов по экологии (Москва, 02-04апреля 2008г.) III-й Международном семинаре DUST-2008, (Германия, Лейпциг, 15-17 сентября 2008г), второй Международном конференции «Аэрозоль и глобальное изменение климата», семинаре AERONET и MODIS (КНР, Ханджоу, 16-23 августа 2009 г.), XVII-Международном конгрессе Федерации Европейского Общества по физиологии растений (Испания, Валенсия, 4-9 июля 2010 г.), Международном семинаре по «Изменению климата» (Малайзия, Куала-Лумпур, 2-4 декабрь, 2010 г.), Международной конференции «Стимулирование потенциала общества, науки и НПО к сохранению биоразнообразия и охраны окружающей среды» (Душанбе,25-26 марта 2011г), XVII-я Международная конференция по энергетике и окружающей среде 15-17 июня 2011 Стамбул, 14th ISTC Scientific Advisory Committee Seminar “Developing Innovation and Technology Transfer in a Global Security Environment” September 27-28, Almaty, Материалы V- Международной

научно-практической конференции «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ» (г.Душанбе, 13-15 октября 2011г), Материалы Международной конференции «Современные вопросы молекулярной спектроскопии конденсированных сред» посвященной 50-летию кафедры оптики спектроскопии (Душанбе, 11-12 ноября 2011г.), Международной конференции «Влияние глобального изменения климата на экосистему аридной и высокогорной зоны Центральной Азии» (Душанбе, 2012г.), Семинар – совещание «Проблемы мониторинга приземного (тропосферного) озона и нейтрализации его влияния» (Таруса, 6-8 июня 2012), Восьмая международная конференция НИИФ им. В.А. Фока СПбГУ «Естественные и антропогенные аэрозоли» (1 -5 октября 2012 Санкт-Петербург), Международной конференции по физике конденсированных систем (17-18 октября 2013г. г. Душанбе).

Вклад автора. При получении результатов настоящей работы автором внесён определяющий вклад как при постановке рассматриваемых задач, так и при разработке методов их решения и реализации. Под руководством автора выполнялись многочисленные научно-исследовательские работы и проект Международного научно-технического центра Т-1688. Автору принадлежат: разработка и создание комплексной экспериментальной установки по измерению оптических параметров аэрозоля; разработка и расчет многокаскадного импактора, сыгравшего решающую роль в проведении измерений спектров пылевого аэрозоля и проб почв методами фотоакустической, ИК - спектроскопии, лазерной флуориметрии и диффузного отражения, элементного анализа, детального расчета температурных эффектов пылевой мглы и их вклада на изменение климатических характеристик атмосферы в аридной и полуаридной зоне региона; в проведении измерений вариации концентрации парниковых газов (CO_2 , O_3 , водяного пара) в атмосфере аридной и высокогорной зон Таджикистана; в проведении измерений радиационных характеристик и альбедо поверхности; в создании станции AERONET в г. Душанбе и организации проведения систематических измерений оптических и микрофизических характеристик аэрозолей. Ряд статей опубликованы в соавторстве с учеными из Российской Федерации – академиком РАН Г.С. Голицыном, к.ф.-м.н А.Х. Шукуровым; и Таджикистана – академиками АН РТ Р. Маруповым и Х.Х. Каримовым, член.- корр. АН РТ А. Абдуллаевым, профессорами Л.И. Альперовичем, Т.Х. Салиховым, Т. Шукуровым, а также в сотрудничестве с ведущими зарубежными учеными – Brent N. Holben (США, AERONET Network NASA,) профессором Phillippe Goloub и Oleg Dubovik (Франция LOA-PHOTONS group Universite des Sciences et. Technologies Lille (USTL) Laboratoire d'Optique Atmospherique USTL,) и другими.

Публикации. Материалы диссертационной работы опубликованы: в 93 научных изданиях, в том числе 39 статей в реферируемых журналах, 5 в сборниках; 39 в материалах международных и республиканских научных конференций, депонировано - 9 и получен 1 патент.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка цитируемой литературы. Ее общий объем составляет 315 страницы компьютерного текста, включая 139 рисунков, 47 таблиц и 423 библиографических ссылок.

Настоящая работа выполнена в основном в лаборатории физики атмосферы ФТИ им. С.У.Умарова АН Республики Таджикистан при постоянной поддержке как в постановке целей и задач исследования, так и к полученным результатам со стороны к.ф.-м.н., вед.н.сотр. Назарова Б.И., за что приношу свою признательность и благодарность. Считаю обязательным долгом выразить искреннюю благодарность ныне покойному А.Х.Шукурову за непосредственную помощь в создании комплекса экспериментального оборудования за пристальное отношение к работе, и ценные советы и замечания при обсуждении результатов. Искренне благодарю всех участников советско-американского эксперимента по изучению аридного аэрозоля в Таджикистане 1989 года: Г.С.Голицына, А.Х.Шукурова, Б.И.Назарова, Л.М.Шукуровой, Л.С.Ивлева, М.В.Панченко, Б.Д.Белана, В.В.Смирнова, Г.И.Горчакова, С.В.Андроновой, В.М.Минашкина, А.А.Исакова, И.Н.Соколика, С.М.Пирогова, Д.М.Кабанова, С.М.Сакерина, Г.М.Крапивцевой, Т.В.Кривчиковой, В.Н.Капустина, В.М.Копейкина и др., результаты работы, которых легли в основу представленной диссертации. Благодарю своих коллег по работе в лаборатории физики атмосферы, где всегда чувствуется творческая и дружеская атмосфера. Выражаю искреннюю благодарность профессорам Ю.Л.Матвееву, Макштасу А.П. и Васильеву А.В., любезно согласившимся рецензировать работу. Выражаю благодарность академику Г.С. Голицыну, академику Р. Марупову, член-корр. АН РТ И.И. Исмаилову, профессорам А.А. Виноградовой, Л.И. Альперовичу, В.М. Коровиной, Т.Х. Салихову, Т. Шукурову, Б.Д. Белану, В.В. Фадееву, а также Л.М. Шукуровой, Д.М. Кабанову, А.А. Исакову, В.А. Маслову, С.В. Пацаевой за весьма полезные замечания и советы. Весьма признателен Т. Шукурову, Н.Х. Миникулову, Д.М. Шарифову, А.А. Джураеву, Т. Давлатшоеву, А.М. Жураеву, Х.Ф. Раджабову, М.А. Салиеву, А.М. Ашурову, З. Искандарову за помощь в проведении экспериментальной части работы. Благодарю куратора проекта Т-1688 доктора В.Я. Рудневой. Особую благодарность выражаю Р.А. Кариевой за ее труд по редактированию работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, кратко изложены предмет исследований и структура диссертации, сформулированы цель и задачи работы, защищаемые положения, определена научная и практическая значимость проведённых исследований, приведены основные положения, выносимые на защиту, а также описан личный вклад автора.

В первой главе рассмотрены аспекты исследования пылевых бурь юго-восточной части Центральной Азии (ЦА). Дана классификация пыльных бурь в ЦА и их связей с некоторыми метеорологическими элементами. Описаны основные типы пыльных бурь. Изложены аэросиноптические причины возникновения пылевых бурь и классификация синоптических процессов и положений, приводящих к пылевым бурям. Отмечены некоторые аспекты проблемы потепления климата в ЦА. Проведен анализ литературных данных, посвященных комплексным исследованиям пылевых бурь на юге Таджикистана.

В юго-восточной части ЦА, в частности, на юге Таджикистана часто повторяются такие неблагоприятные метеорологические явления, как пылевые бури и пыльная мгла ПБ (ПМ). На рис.1. представлено количество дней с пыльной мглой для Шаартуза, Курган-Тюбе, Душанбе и Термеза в период 2000 - 2007г.г. Среднегодовое число дней с мглой в г. Душанбе достигает 12, из них с сильной

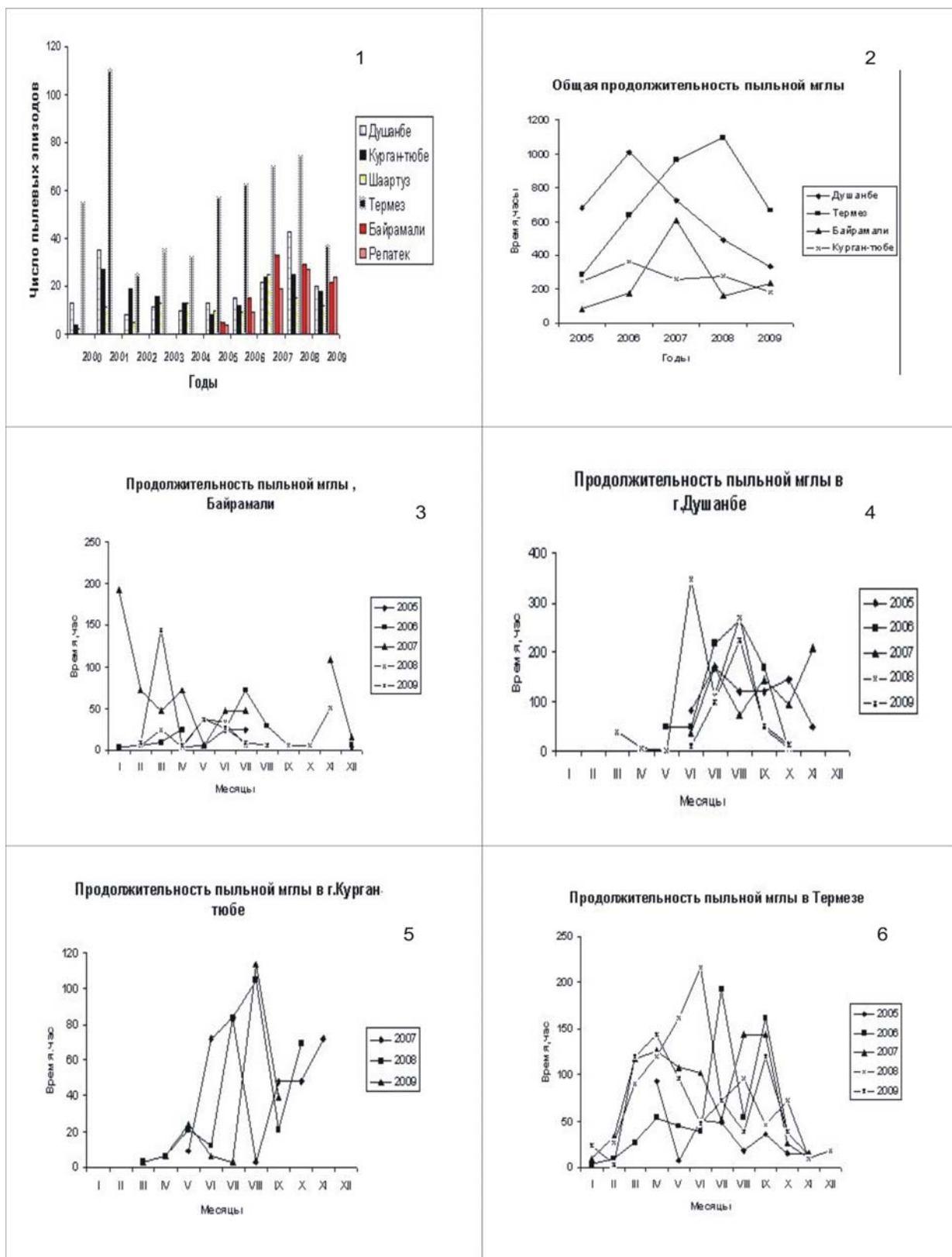


Рис.1. Статистика пылевых эпизодов в разных районах: 1- число эпизодов за 10 лет; 2 - длительность пыльной мглы в разные годы на четырех станциях, длительность пыльной мглы в разные месяцы на станциях: 3-Байрамали; 4-Душанбе; 5- Курган-Тюбе; 6 - Термез.

мглой, когда видимость ухудшается менее чем в 2 км – 7 дней. Если до 90-х годов прошлого столетия такие сильные пыльные бури были кратковременные (продолжительностью 5-7 часов), то в последующие годы они длятся от одной до нескольких недель. Например, 2001 год по частоте повторяемости мглы является рекордным. В период с июня по август слабая мгла в г. Душанбе была почти ежедневно. Количество дней с умеренной и сильной мглой в период с июня по ноябрь составило 29 дней. Наши исследования подтвердили, что при мгле происходит дневное выхолаживание воздуха на 3-8 °С и ночное потепление на 2-5 °С по сравнению с ясной погодой. С 12 по 20 ноября 2007 года пылевая мгла охватила всю территорию южного Таджикистана, существенно загрязняя атмосферу. В этот период иногда горизонтальная дальность видимости составляла 200-500 м. Это можно объяснить влиянием глобального изменения климата и связанным с этим расширением пустынных зон, что создает условия для частых пылевых бурь и пыльной мглы. Но проблема возникновения, распространения и характер пыльных бур, невзирая на всю ее актуальность для Таджикистана, изучена недостаточно, хотя это - один из основополагающих факторов, влияющих на формирование климата в регионе. Для выбранных метеостанций было изучено количество эпизодов пыльной мглы и их продолжительность, проанализировано количество дней пыльной мглы, суточный и сезонный ход вариаций и продолжительность пыльной мглы за период 2001-2010 гг. для г. Душанбе и за 2005-2010 гг. для ст. Байрамали, ст. Репетек (Туркменистан) и ст. Термез (Узбекистан).

Установлено, что в Таджикистане в период до 90-х годов (например, 20 сентября 1989 г, 15 октября 1990 г.) наблюдались сильные пылевые бури преимущественно продолжительностью 6-8 часов с уменьшением горизонтальной дальности видимости до 50 м и с последующими осадками. После 90-х годов чаще наблюдается пыльная мгла длительностью от 3 до 8 дней с пульсирующим изменением горизонтальной дальности видимости и, что существенно, без осадков. В этом плане необходимо отметить особенно лето-осень 2001 года, ноябрь 2007 года (с 5 по 24), август 2008 года (с 4 по 15), август 2009 года (с 25 по 29), июль-август 2010-2011 гг., когда происходили пульсирующие пылевые эпизоды с ухудшением горизонтальной дальности видимости до 200 метров. Характерно, что после продолжительных эпизодов пыльной мглы, пыль осаждалась без сопровождения осадков, что приводило к очень сильному загрязнению приземного слоя атмосферы.

Во второй главе описан аппаратный комплекс, с помощью которого проводились исследования оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля и изложена методика проведения экспериментов.

Измерения спектрального пропускания пылевого аэрозоля проводились с помощью оптической установки, которая обеспечивала синхронные измерения в выбранных участках оптического диапазона спектра вблизи 0.37, 0.55, 1.0, 10.2 мкм.

Для исследования оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля использовалась созданная специальная аэрозольная камера объемом 60 м³. Размеры камеры: длина 8 м, ширина 3 м, высота 2.5 м, которая располагалась на расстоянии 20 м от комплексной оптической установки.

При искусственной генерации пылевой бури, в аэрозольной камере синхронно проводились измерения спектрального пропускания пылевого аэрозоля в УФ -, видимой и ИК области спектра, массовой концентрации пылевого аэрозоля, коэффициента аэрозольного ослабления с помощью фотоэлектрического аэрозольного нефелометра (ФАН), распределения частиц по размерам с помощью 16-канального оптического счетчика аэрозольных частиц в диапазоне размеров частиц 0.6-3.6 мкм.

Импактор был усовершенствован с целью получения достаточно равномерного осаждения проб аэрозоля на поверхности подложки.

Приведены характеристики лазерного флуориметра и фотоакустического спектрометра, использованных при изучении оптических свойств проб пылевого аэрозоля и проб почв, собранных по пути распространения ПБ (ПМ).

Третья глава посвящена результатам исследования соотношения оптических толщин пылевого аэрозоля в видимой и ИК - областях спектра.

Отношение оптической толщины в видимой области спектра к оптической толщине в ИК - области превышает значения отношения оптической толщины $\tau_a(\lambda)$ в видимой области к толщинам в БИК-, видимой и УФ- областях спектра для всех исследованных проб. Это указывает на то, что пылевой аэрозоль более прозрачен в ИК - области, чем в ближней ИК - видимой и УФ - областях спектра. Полученные результаты показывают, что пылевой аэрозоль вносит большой вклад в нагрев атмосферы из-за сильного поглощения в ИК - области спектра.

Типичные спектральные зависимости $\tau_a(\lambda)$ для 4-х типов пыли приведены на рис. 2. Значения $\tau_a(\lambda)$ для каждого образца отдельно приводились относительно значений $\tau_a(\lambda)$ у $\lambda=0.55$ мкм.

В целом, было получено около 50 спектральных зависимостей величины $\tau_a(\lambda)$. Наиболее характерными являются типы **а** и **б** с максимумом в области спектра $\lambda=0.55-1.0$ мкм, что представляется важным при исследовании температурных эффектов пылевого аэрозоля, которые должны определяться, в частности, соотношением $-\tau_a(\lambda)$ в видимом и ИК - областях спектра.

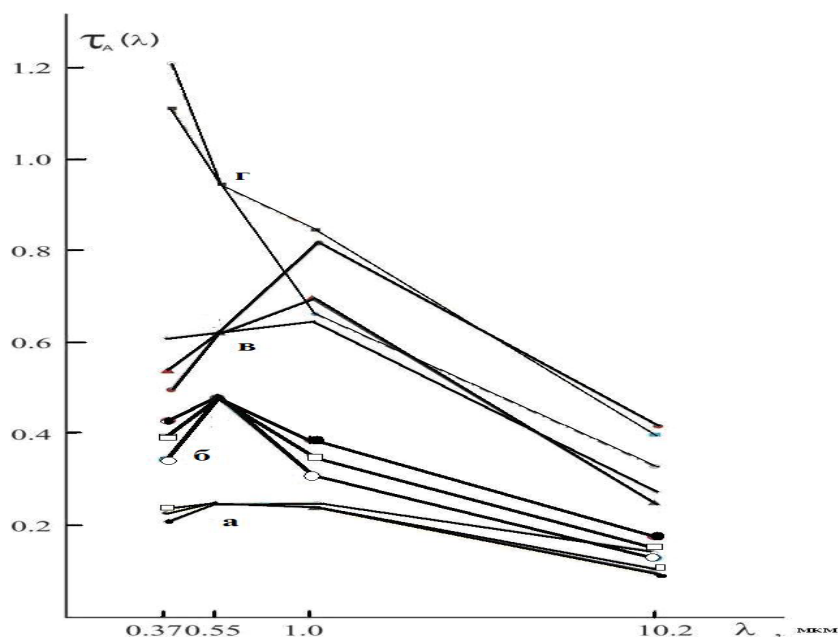


Рис. 2. Спектральная зависимость аэрозольной оптической толщины τ_λ для четырех типов пыли (а, б, в, г).

Это соотношение можно оценить по величинам $K = \tau_a(0.55)/\tau_a(10.2)$, значения которых приведены в табл. 1. Из этих данных видно, что для приведенных типов пылевого аэрозоля $K > 1$, а для аэрозоля типов **а** и **в** величины K практически одинаковы. Для сопоставления в табл. 2 приведены величины данных натуральных измерений в морской и аридной зонах.

Таблица 1.

Значения отношения $K = \tau_a(0.55)/\tau_a(10.2)$ для четырех типов пыли.

Аэрозоль	K
Тип а (пылевая мгла 16 сентября 1989г)	1.75-2.65
Тип б (смесь пыли: Шаартуз, Кабадиан и Душанбе)	1.80-3.15
Тип в (пыль собранный в г.Душанбе)	1.40-3.20
Тип г (проба пыли п.Охтог, Душанбе)	2.40-3.20

Измерения в морских условиях проводились в 1974 г., в период ТРОПЭКС-74 (тропосферного эксперимента) в центральной тропической части Атлантического океана, в аридных условиях в 1981г., в период аэрозольного эксперимента АРАЭКС-81 в окрестности Душанбе. Величины $\tau_a(\lambda)$, полученные в морских условиях по данным измерения прямой солнечной радиации актинометром отнесены к $\lambda = 0,55$ мкм (табл.2).

Сравнение данных таблиц 1 и 2 показывает, что, как при выносе пыли из Сахары, так и из пустынь юга Центральной Азии, величины K близки друг к другу, что существенно упрощает расчеты климатообразующих свойств пылевого аэрозоля. Сами значения K невелики, 1.2-3.2, в то время как для дымовых аэрозолей [35-38] величины K почти на порядок выше, чем для пыли.

Также в этой главе изложены результаты актинометрических измерений, проведенных в период советско-американского эксперимента по изучению аридного аэрозоля (САПЕКС-89) и в октябре 1990 г. в окрестности г. Душанбе.

Таблица 2.

Значения отношения $K = \tau_a(0.55)/\tau_a(10.2)$ по данным натуральных измерений в морской и аридной зонах.

Дата	$\tau_a(\lambda)$	$\tau_a(\lambda)$	K	Примечание
	$\lambda=0.50$ мкм	$\lambda=10.4$ мкм		
30.VII.1974	0.15	0.05	3.0	Океан, слабая дымка
31.VII.1974	0.30	0.25	1.2	Океан, пылевая дымка
21.IX.1989	0.40	0.20	2.0	Душанбе, пыльная мгла

В разделе 3.2 приведены результаты микрофизических, химических и радиационных исследований проб пылевого аэрозоля (более 80 проб). Во всех распределениях проб пыльной мгли отмечается повышенное содержание изотопов по сравнению с пробами почвы районов, расположенных по пути распространения пыльной мгли, достигающее в некоторых случаях десяти кратного превышения.

Это означает, что пыльная мгла обогащена радиоактивными изотопами, которые поступают из сопредельных государств. Подробный анализ распределения уран-ториевых рядов и соответствующее распределение К-40 позволяет установить корреляцию между ними. Коэффициенты корреляции между изотопами Тl-208, Bi-214, Pb-214, Ac-228 и Pb-210 по отношению к К-40, соответственно, следующие: $r=0.55, 0.91, 0.79, 0.68, 0.80$. Причем концентрация К-40 превышает средний уровень содержания в местах, где отмечается повышение уровня содержания урана и тория. Этот факт свидетельствует о том, что за повышение концентраций урана и калия ответственны одни и те же геохимические процессы.

Анализ распределения концентраций техногенного изотопа К-40 показывает, что его содержание в исследованных образцах колеблется от нескольких Бк/кг для проб почв и до тысячи и более Бк/кг для проб пыльной мглы. На рис.3 представлены распределения Cs-137 для проб (34, 36, 38, 42, эталон), в остальных пробах Cs-137 не обнаружен. Необходимо отметить, что только в двух пробах №43 (пыльная мгла 08.10.2010, г. Душанбе) и 44 (пыльная мгла 22-24.10.2010, г. Душанбе) обнаружен изотоп Вe-7 с концентрацией 3056 Бк/кг и 3645 Бк/кг, соответственно, в пробе №12 (пыльная мгла 03.11.2007, г. Душанбе) обнаружен изотоп Ra-226 (77.333 Бк/кг) и в пробе №22 (пыльная мгла 19.03.2010, ст. Айвадж) обнаружен изотоп Th-234 (32.890 Бк/кг).

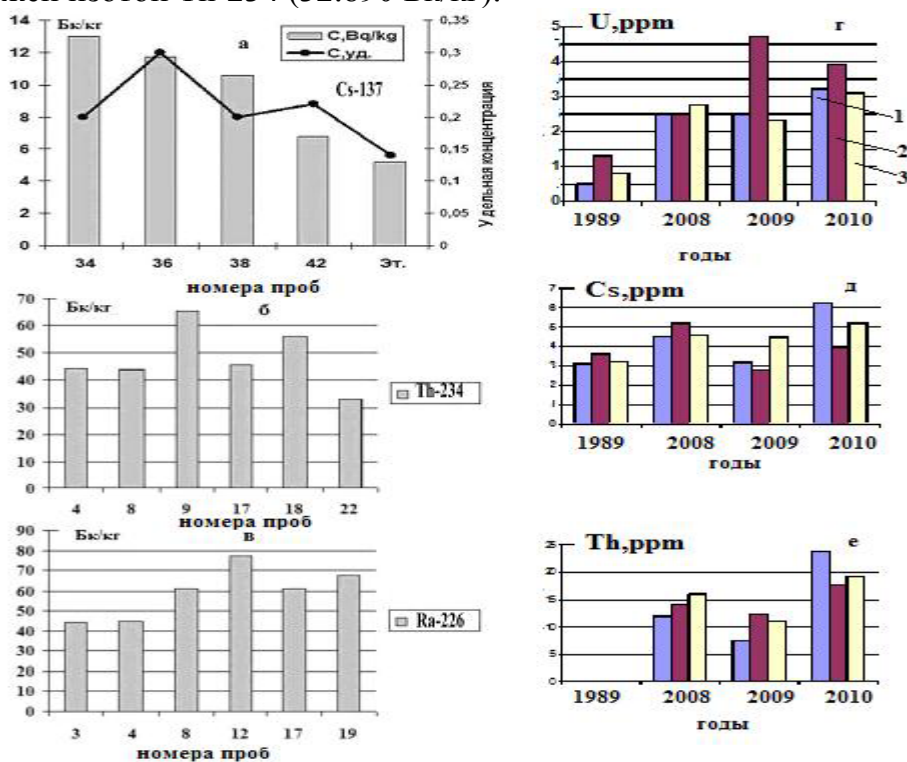


Рис.3. Распределение: а)-Cs-137; б).Th-234; и в) -Ra-226 для некоторых проб; г, д, е - динамика изменения содержания урана, цезия и тория (млн^{-1}) в: 1- Айвадже; 2- Шаартузе ; и 3- Душанбе, соответственно.

При измерении концентрации частиц в атмосфере г. Душанбе зарегистрировано два максимума в ее суточном ходе, которые соответствуют утреннему и вечернему времени. Такая форма суточных изменений зафиксирована во всех фракциях аэрозоля в диапазоне 0.3-1.0 мкм. Для частиц в диапазоне 0.3-0.4 мкм концентрация изменяется от 25 до 300 частиц/ см^3 . Для частиц в диапазоне 0.5-0.8 мкм концентрация изменяется от 1 до 10 частиц/ см^3 . Для частиц в области 1.0

мкм концентрация изменяется от 0 до 2 частиц/см³. Концентрации сажи были наиболее низкими в середине дня (0.5-1.4 мкг/м³) и самыми высокими (1.5-7.6 мкг/м³) в утренние и вечерние часы. При относительно чистой атмосфере значения концентрации сажи изменялись в пределах 0.1-2.2 мкг/м³.

В данной главе приведены результаты анализа температурного эффекта пылевого аэрозоля. Альbedo однократного рассеяния Λ характеризует соотношение поглощения и рассеяния в атмосферном аэрозоле, причем величина альbedo однократного рассеяния, равная 0.85, широко используется как критическое значение, разделяющее тенденции глобального охлаждения $\Lambda > 0.85$ и глобального нагрева атмосферы $\Lambda < 0.85$. Мы использовали измерения альbedo на длине волны 0.5 мкм, соответствующей максимуму интенсивности солнечного излучения. Поэтому для частиц различного размера направление температурных изменений зависит от содержания в атмосфере поглощающего свет аэрозоля. В период пыльной мглы, когда концентрация аэрозольных частиц ниже критического значения за счет теплового излучения поверхности земли происходит нагрев атмосферного аэрозоля (за счет полос поглощения в окне прозрачности атмосферы), приводя к парниковому эффекту. При концентрации частиц выше критического значения создается антипарниковый эффект. Изучен температурный эффект пылевого аэрозоля в районах, находящихся на пути распространения пылевой мглы в юго-восточной части Центральной Азии: Байрамали и Репетек (Туркменистан), Термез (Узбекистан), Курган-Тюбе и Душанбе (Таджикистан) в летне-осенний период 2005-2011 гг. Для выявления температурного эффекта (рис.4) среднедневные (2) и средненочные (4), температуры сравнивались с огибающими, проведенными по среднедневным (1) и средненочным (5) температурам воздуха.

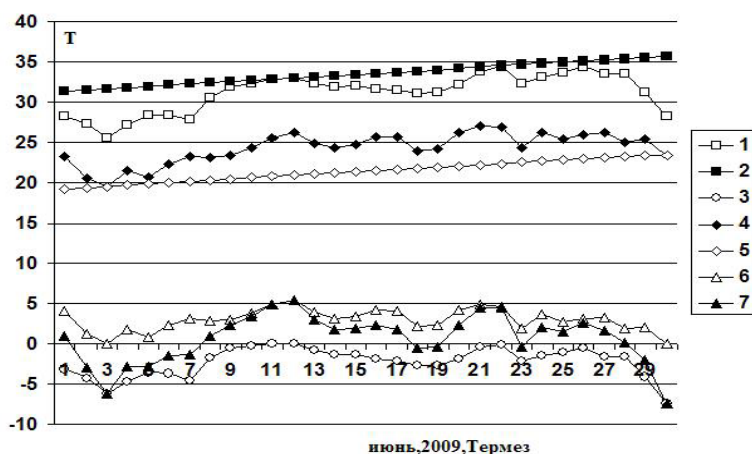


Рис. 4. Определение температурного эффекта по методу огибающих (в качестве примера в табл.3 приведены результаты для Термеза)

Таблица 3.

Изменение среднедневного значения температурного эффекта ($^{\circ}\text{C}$) для Термеза.

месяцы	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
V	0,70	-0,36	0,76	-0,33	-0,73	2,11	0,96	0,44	0,44
VI	-0,40	-1,49	-0,08	-1,87	0,02	1,80	-0,65	-0,38	-0,38
VII	0,90	1,65	0,62	0,60	-0,02	-1,27	-1,07	0,20	0,20
VIII	1,00	1,13	-0,39	0,01	0,05	-1,12	-0,55	0,02	0,02
IX	-0,8	-1,67	-0,07	-1,83	-0,35	2,28	-0,34	-0,40	0,31
X	-1	-0,85	-1,62	-1,09	-1,45	0	-0,56	-0,94	
XI	-1,3	0,98	-0,68	0,42	1,46	-1,73	-0,69	-0,22	

Разность (3) между огибающими и среднедневным температурам оценивалась как дневное похолодание, а разность (6) между средненочными температурами и огибающим по средненочным температурам оценивалась как ночное потепление. Сумма разностей (3) и (6) оценивалась как температурный эффект пылевого аэрозоля (7). Обнаружено, что в 41% случаев пылевых эпизодов влияние пылевого аэрозоля приводит к парниковому эффекту и в 59% случаев – к антипарниковому эффекту. В данном примере величина потепления составляет 0.59°C .

В четвертой главе изложены результаты исследования ИК - спектров проб, собранных по пути распространения ПБ (ПМ), в окрестности г. Душанбе и в высокогорной зоне (Памир) в период ПБ (ПМ), а также проб образцов почв распыленных в аэрозольной камере. На основе измеренных ИК - спектров отражения $R(\nu)$ аэрозольных проб методом Крамерса - Кронига определены спектры $n(\nu)$ и $k(\nu)$.

В регионах, по которым распространяются ПБ (ПМ), существенно изменяется экологическое состояние окружающей среды, которое отражается на здоровье людей. В результате естественного осаждения пылевых частиц происходит также существенное загрязнение водных сред региона. Это определяет интерес к созданию методов экспресс-анализа и дистанционного контроля атмосферы, а также определения мест наиболее вероятного образования ПБ (ПМ) и их природы.

Для создания теоретической модели процесса образования, распространения и зон осаждения ПБ (ПМ), а также для изучения оптических, химических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля и его влияния на экологию и температурный режим региона, необходимо найти методы, которые быстро, достоверно, эффективно и с малыми затратами определяют координаты наиболее вероятного образования ПБ (ПМ).

В литературе описаны разные методы определения наиболее вероятных мест образования ПБ (ПМ) [10, 40-43], однако многие из них требуют сложной, дорогостоящей аппаратуры, которая недоступна слабо развивающимся странам. Поэтому поиск более доступных способов определения химических и

микрофизических характеристик пылевого аэрозоля представляет большой научный и практический интерес.

Были исследованы пробы почв вероятных пустынных зон образования ПБ (ПМ) из южного региона Республики Таджикистана, в местностях Айваджа ($36^{\circ}58'42''$ с.ш.; $68^{\circ}01'11''$ в.д.; 319 м над ур. моря), Шаартуза ($37^{\circ} 00'58''$ с.ш.; $68^{\circ}03'28''$ в.д.; 324 м над ур. моря), Кабодиёна (белые и красные холмы; $37^{\circ} 39'44''$ с.ш.; $68^{\circ} 08'38''$ в.д.; 507 м над ур. моря), а также из пустынной зоны Термеза, Республики Узбекистан. Запись спектров проводилась, используя методику, описанную в гл.2. Регистрация ИК - спектров осуществлялась на ИК - спектрофотометре «SPECORD – 75 IR» в диапазоне частот 400 – 4000 см^{-1} .

На рис. 5 (крив. 1-5), приведены ИК - спектры проб почвы из перечисленных пустынных зон. Как видно из рис. 5 (крив. 1-5), в области частот 4000 – 2700 см^{-1} характерны слабые по интенсивности полосы с частотой максимумов (ν_{max}) при 3600 и 3400 см^{-1} , отличающиеся друг от друга отношениями интенсивностей для разных почв. В низкочастотном крыле широкой полосы наблюдаются следы очень слабых полос с максимумами при 2930 и 2860 см^{-1} . В табл. 4 приведены положения ν_{max} наблюдаемых ИК - полос поглощения.

Сравнительный анализ полученных спектров показывает, что они по интенсивности и форме слегка отличаются. Для пробы почвы из пустынной местности Кабодиёна (красные холмы, кривая 3) интенсивности полосы 3600 см^{-1} немного выше, чем у полосы 3400 см^{-1} , для проб из (белые холмы, кривая 2) слабые полосы с ν_{max} при 2930 и 2860 см^{-1} не проявляются. Полоса с ν_{max} 3600 см^{-1} относится к свободным колебаниям, полоса при 3400 см^{-1} к меж- и внутримолекулярным водородным связям ОН – групп. Очень слабые по интенсивности полосы с ν_{max} при 2935 и 2880 см^{-1} относятся к симметричным и антисимметричным колебаниям CH_2 – групп, характерных для органических соединений [43]. Для исследованных образцов почв в области частот 1800– 400 см^{-1} наблюдается несколько полос различной формы и интенсивности с ν_{max} , положения которых приведены в табл.4.

Наблюдаемые ИК полосы поглощения с ν_{max} при 1610 (± 10) см^{-1} относятся к деформационным колебаниям ОН– групп, а полоса при 1420 см^{-1} к деформационным колебаниям CH_2 и CH_3 – групп. Интенсивную полосу с ν_{max} при 1030 (± 10) см^{-1} приписывают к валентным колебаниям групп Si- O или к $-\text{C} - \text{C} -$, $-\text{C} - \text{O} - \text{C} -$ группам органических соединений, входящих в состав почв. Полосу ИК- поглощения с ν_{max} при 780 см^{-1} приписывают к деформационным колебаниям ОН- групп, полосы в области 520-400 см^{-1} – к деформационным колебаниям Si - O [43].

Состав аэрозоля пыльной мглы непосредственно связан с химическим составом почвы места происхождения, различие состава атмосферного аэрозоля в различных географических зонах обусловлено, главным образом, различием в источниках его образования.

Следовательно, исследованные составы почв вероятных зон происхождения и их сравнительный анализ с осадками ПБ (ПМ) позволяют определить вероятные места их происхождения. Исходя из этого, были исследованы ИК - спектры осадков ПБ (ПМ), собранных в Шаартузском районе и в г. Душанбе, у подножия Гиссарского горного массива, где в основном осаждаются аэрозоли ПБ (ПМ). Исследовано более 80 проб. Всем исследованным пробам пыльных осадков в

области частот 4000-2600 см^{-1} также характерна широкая дублетная полоса с ν_{max} при 3600 и 3400 см^{-1} (табл.4).

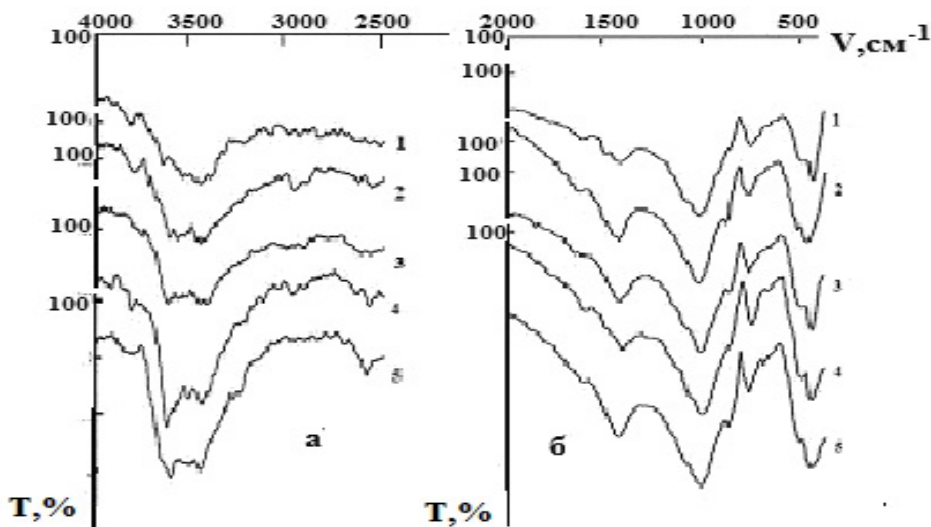


Рис.5. ИК - спектры проб почвы пустынных зон.

Наблюдаемые на низкочастотном крыле некоторых проб осадков слабые полосы с ν_{max} при 2935 и 2850 см^{-1} сливаются в единую, с ν_{max} при 2935 см^{-1} . В области частот 1800-400 см^{-1} в исследованных пробах наблюдается ряд ИК полос поглощения различной формы и интенсивности, положения ν_{max} которых приведены в таблице 4.

Таблица 4.

Положения ν_{max} ИК - полос поглощения проб почвы

Пробы почвы					Проба пыльной мглы
Айвадж	Кабадиён (холмы)		Шаартуз	Термез	Душанбе
	Белые	Красные			
3600 сл.	3600 сл.	3600 сл.	3600 сл.	3600 ср.	3580 с.
3400 сл.	3400 сл.	3400 сл.	3400 сл.	3430 ср.	3400 с.
2935 слд.	—	2935 слд.	2935 слд.	2910 сл.	2910 сл.
2880 слд.	—	2880 слд.	2880 слд.	2850 о.сл.	2850 о.сл.
2500 о.сл.	2500 о.сл.	2500 о.сл.	2500 о.сл.	2500 о.сл.	2500 о.сл.
1695 слд.	—	—	1695 слд.	—	—
1620 слд.	—	1620 слд.	1620 слд.	1625 о.сл.	1605 о.сл.
1420 с.	1420 с.	1420 ср.	1420 с.	1430 с.	1420 о. с.
1030 о.с.	1030 о.с.	1030 о.с.	1030 о.с.	1030 о.с.	1040 о. с.
860 слд.	860 слд.	—	860 слд.	875 слд.	910 сл.
780 сл.	780 сл.	780 ср.	780 сл.	770 сл.	807 ср.
525 слд.	525 слд.	525 слд.	535 слд.	525 о.сл.	730 о.сл.
465 с.	465 с.	465 с.	490 с.	470 ср.	570 сл.
—	—	—	440 слд.	—	500 сл.

Примечание: о.с.- очень сильные, с-сильные, ср-средний, сл.-слабый, о.сл.- очень слабый, слд.- следы.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что создание банка спектральных данных ИК - спектров вероятных местностей образования ПБ (ПМ) и их сравнительный анализ со спектрами ПБ (ПМ) позволяют оперативно и с небольшими затратами определить источник образования ПБ (ПМ).

В данной главе приведены результаты исследования методами лазерной флуориметрии, фотоакустической спектроскопии и диффузного отражения проб аэрозолей и почв, собранных в аридной зоне в период ПБ (ПМ) и с поверхности почв по пути их распространения.

Пятая глава посвящена исследованию оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля, полученных в системе AERONET в г. Душанбе. Исследовались аэрозольная оптическая толщина атмосферы, параметр Ангстрема (как характеристика спектральной зависимости оптической толщины), интегральное содержание водяного пара в атмосферном столбе, функция распределения аэрозольных частиц по размерам, комплексный показатель преломления вещества аэрозольных частиц, альbedo однократного рассеяния.

Обнаружена корреляция между температурой воздуха и величиной АОТ $\tau(\lambda)$, а именно (см. рис.6): нагрев приземного слоя при малых концентрациях аэрозоля (аэрозоль дает вклад в парниковый эффект) и охлаждение приземного слоя воздуха с дальнейшим ростом оптической толщины аэрозоля и его концентрации (антипарниковый эффект аэрозоля). Полученные данные по системе AERONET позволяют количественно определить корреляцию температуры приземного слоя и аэрозольной оптической толщины $\tau(\lambda)$.

На рис.7. представлено спутниковое изображение пыльной мглы, полученное для станции AERONET г. Душанбе 22.08.2010 г. (а) и 23.08.2010 г. (б) по спутнику AQUA-MODIS. Как видно из рисунка (б) пыльная мгла 23.08.2010 г охватывает площадь около 110000 км² юга Таджикистана, Термеза и северного Афганистана.

В дневном спектральном ходе оптической толщины в атмосфере г. Душанбе доминирует следующая картина: повышенное значение оптической толщины утром и понижение в середине дня и рост к вечеру. Это свидетельствует о том, что атмосфера наиболее прозрачна в дневное время, по мере приближения к вечеру количество частиц в приземном слое увеличивается и происходит ночное накопление частиц. Этот эффект наблюдался нами при проведении суточных измерений распределения частиц аэрозольным счетчиком частиц размером 0.3-1.0 мкм.

Из всех проведенных измерений в период 2010-2013 гг. репрезентативным являются 23113 серий измерений. Данные на самом высоком уровне достоверности получены на солнечном фотометре CE-318 (level 2) в котором исключено влияние облаков. Среднемесячные изменения оптических толщин для всех длин волн приведены на рис. 8. Как видно из рисунка, оптическая толщина увеличивается в сторону коротких длин волн, увеличение оптической толщины в августе связано с частым вторжением пылевой мглы в атмосферу г. Душанбе. Далее наблюдается очищение атмосферы в сентябре, некоторое загрязнение в октябре и монотонное падение оптической толщины до марта.

В спектральном ходе оптических толщин атмосферного аэрозоля наблюдается его повышение в области коротких длин волн. Как видно из табл. 5, эта закономерность наблюдается во всех сезонах. В этой таблице приведены СКО и коэффициент вариации оптической толщины. Максимальное значение оптической

толщины $\tau = 3.49$ соответствует вторжению пылевой мглы, происходящему в летний период.

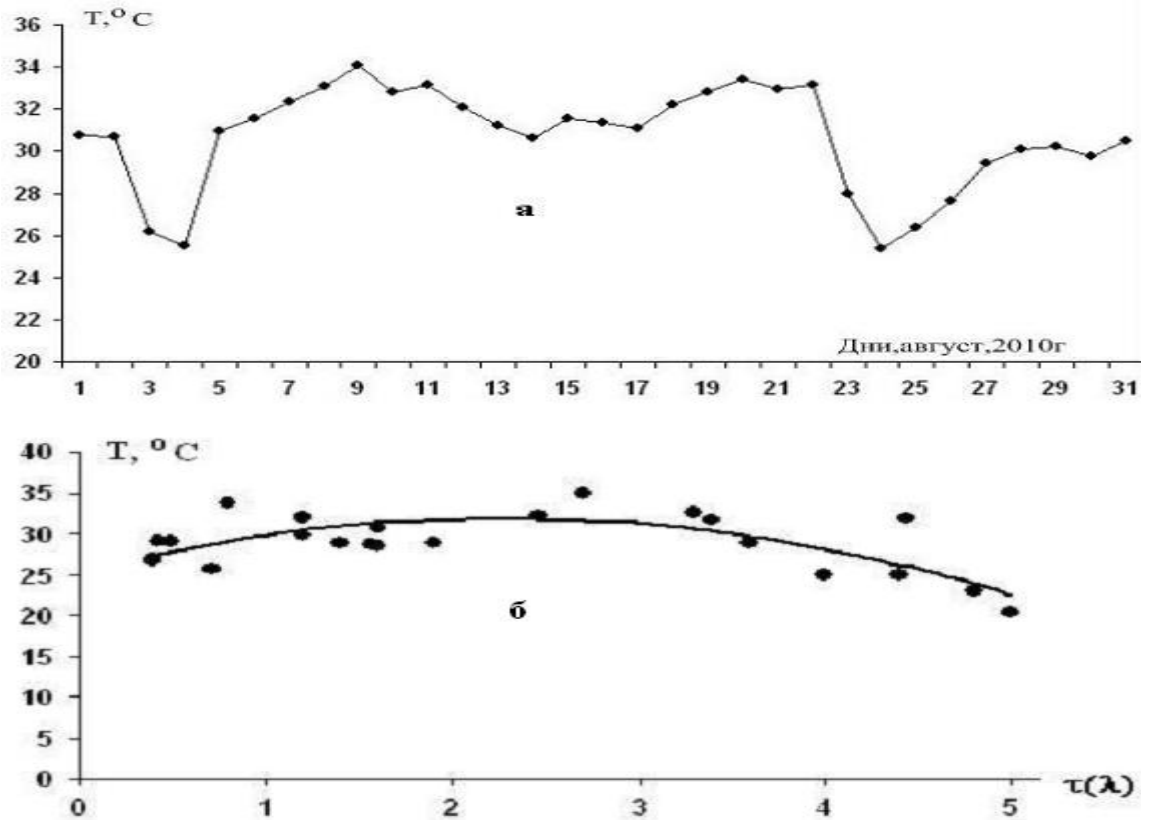


Рис. 6. а) Среднедневная температура за август 2010 г. б) Зависимость температуры приземного слоя от аэрозольной оптической толщины атмосферы, $\lambda = 0.50$ мкм, согласно данным системы АЭРОНЕТ.

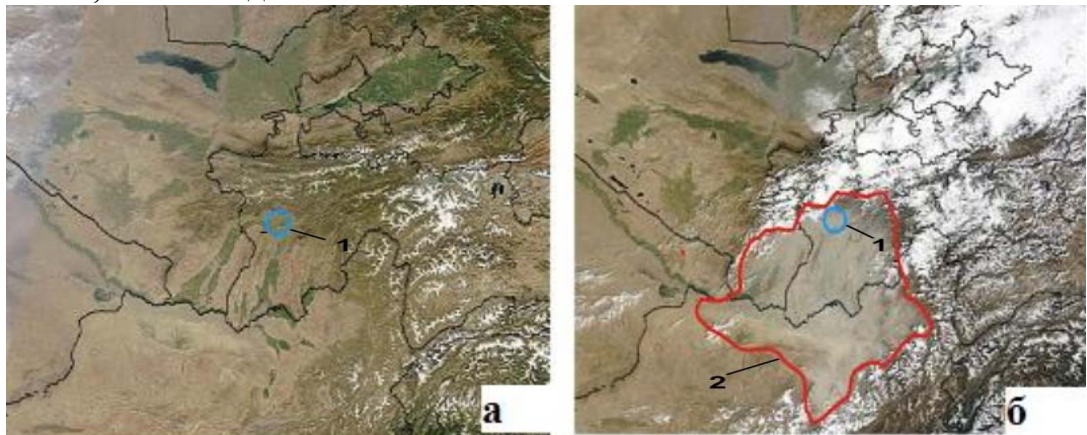


Рис. 7. Спутниковое изображение пылевой мглы, полученное на станции АЭРОНЕТ г. Душанбе: а- 22.08.2010 г; б - 23.08.2010 г. по спутнику AQUA-MODIS (1- место расположения станции АЭРОНЕТ г. Душанбе; 2- площадь охватываемой пылевой мглой).

В спектральном ходе оптических толщин атмосферного аэрозоля наблюдается его повышение в области коротких длин волн. Как видно из табл. 5, эта закономерность наблюдается во всех сезонах. В этой таблице приведены СКО и коэффициент вариации оптической толщины. Максимальное значение оптической

толщины $\tau=3.49$ соответствует вторжению пылевой мглы, происходящему в летний период.

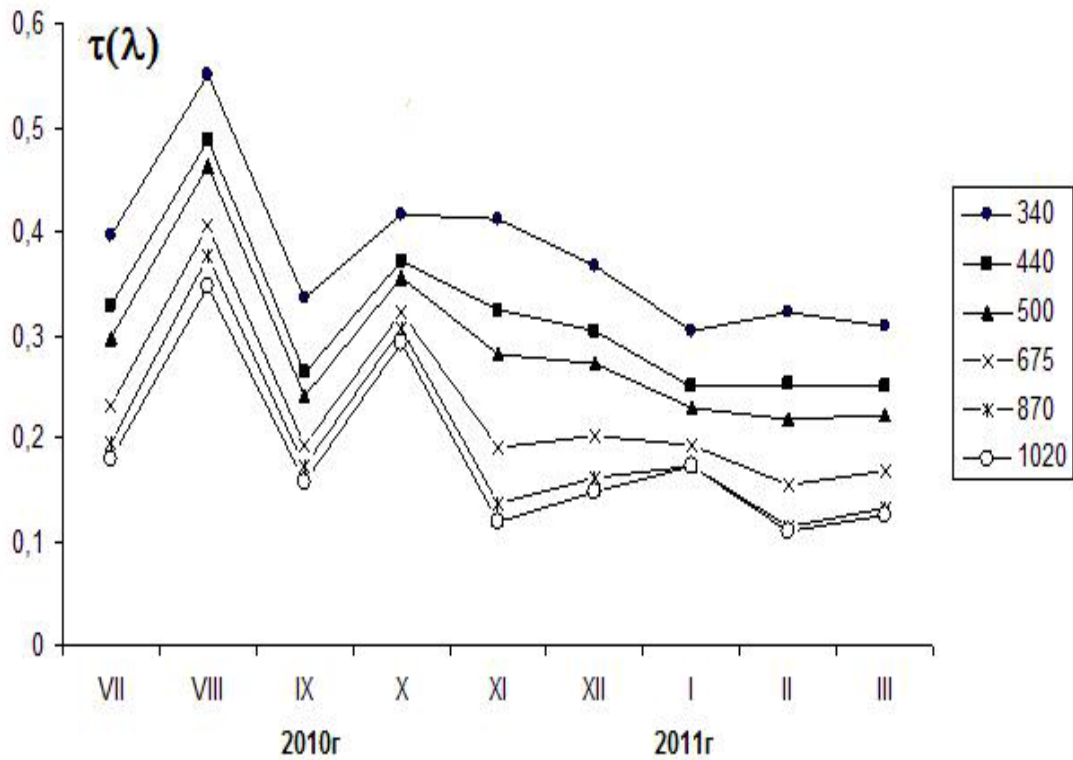


Рис. 8. Среднемесячный ход изменения оптической толщины атмосферы на всех длинах волн.

Обобщенное представление о сезонной изменчивости оптической толщины дает рис. 9. Из приведенных данных следует, что наиболее чистой по содержанию аэрозоля атмосфера является в зимне-весенний период, лето-осень отличается максимальными замутнением и изменчивостью оптической толщины.

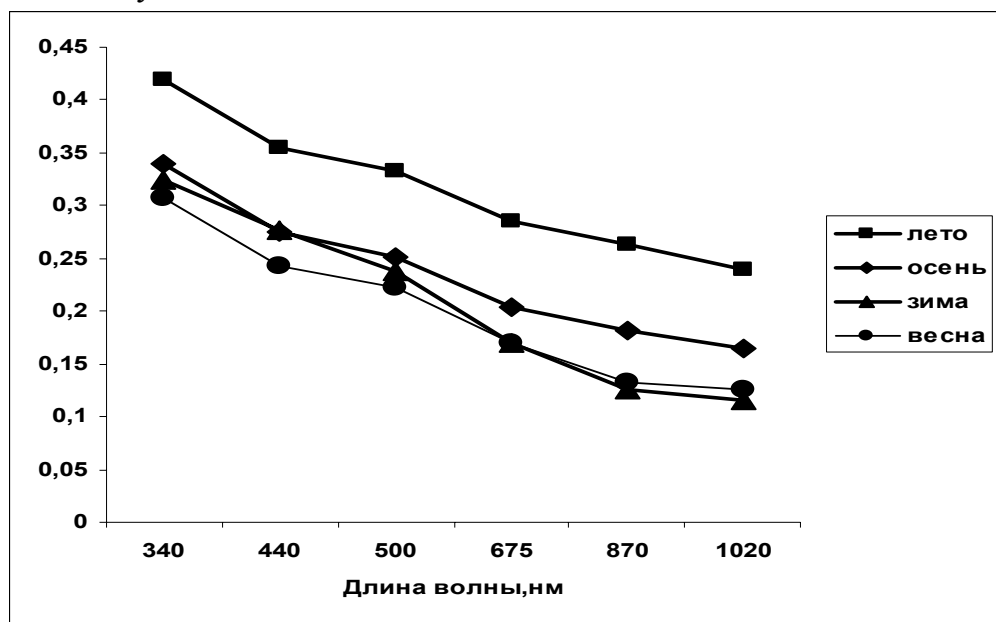


Рис.9. Средние зависимости оптической толщины в разные сезоны в г. Душанбе.

. Чаще всего регистрируются значения τ в области 0.2-0.5 (рис.10.). Для БИК характерно $\tau=0.2$, для ВО $\tau=0.3$ и в УФ $\tau=0.4$.

Распределение влагосодержание на гистограмме (рис.11) имеет бимодальный характер на весь сезон наблюдения (1) с максимумами около 0.4 и 1.4 г/см².

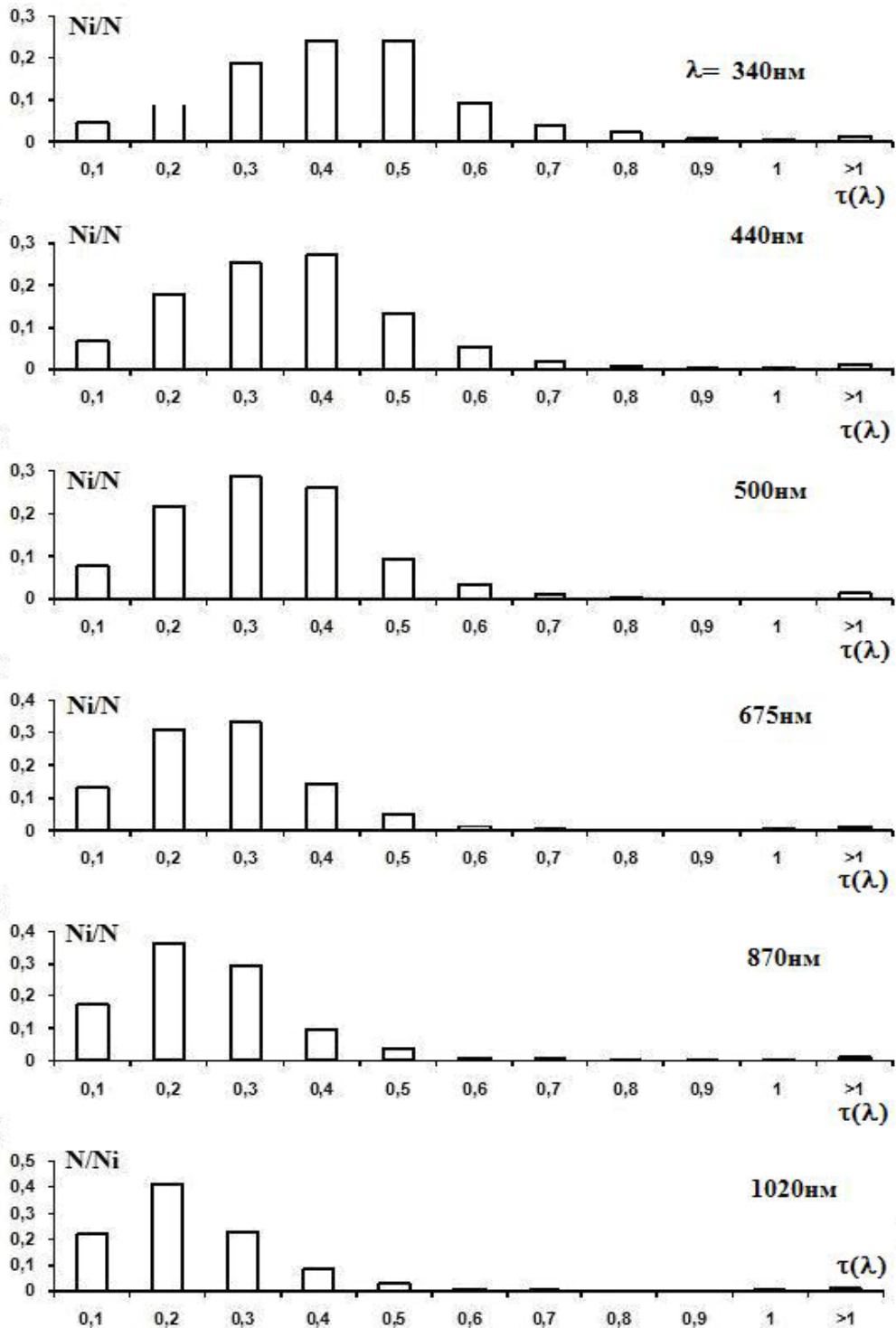


Рис.10. Гистограмма повторяемости τ для всех длин волн.

Летний период (2) имеет одномодальное распределение с максимумом около 1.6 г/см^2 , что свидетельствует о преобладании сухой погоды с высоким значением влагосодержания, осенний период (3) имеет бимодальное распределение с максимумами в области 0.4 и 1.4 г/см^2 , что означает некоторый сдвиг к влажной погоде, хотя в этот период как видно из гистограммы, доминирует сухая погода. В зимней гистограмме явно прослеживается влажная погода, что указывает на низкие значения влагосодержания водяного пара в атмосфере

Таблица 5.

Средние значения, максимальные, минимальные, среднеквадратические отклонения (СКО) и коэффициент вариации оптической толщины в г. Душанбе.

2010г (N=5947)					
λ	τ ср	τ max	τ min	σ	V
0.34	0.385	3.489	0.046	0.243	0.628
0.44	0.32	3.445	0.037	0.231	0.717
0.5	0.296	3.419	0.035	0.225	0.759
0.675	0.243	3.331	0.024	0.215	0.886
0.87	0.217	3.261	0.018	0.211	0.971
1.02	0.197	3.19	0.016	0.206	1.044
лето (N=2490)					
0.34	0.431	3.489	0.135	0.276	0.641
0.44	0.365	3.444	0.106	0.275	0.752
0.5	0.343	3.419	0.101	0.273	0.795
0.675	0.293	3.331	0.084	0.267	0.911
0.87	0.272	3.261	0.085	0.261	0.959
1.02	0.247	3.191	0.056	0.257	1.041
осень (N=2841)					
0.34	0.347	1.789	0.046	0.203	0.585
0.44	0.284	1.764	0.037	0.185	0.652
0.5	0.259	1.753	0.035	0.177	0.685
0.675	0.207	1.721	0.024	0.168	0.811
0.87	0.181	1.695	0.018	0.164	0.908
1.02	0.165	1.666	0.016	0.162	0.982
зима (N=622)					
0.34	0.377	1.187	0.091	0.228	0.605
0.44	0.311	0.935	0.089	0.182	0.585
0.5	0.276	0.799	0.079	0.157	0.571
0.675	0.204	0.52	0.062	0.109	0.533
0.87	0.16	0.436	0.052	0.083	0.521
1.02	0.147	0.417	0.053	0.076	0.518

В табл. 6. приведены среднемесячные данные АОТ, водяного пара и параметр Ангстрема в период июль 2010- сентябрь 2013 г.

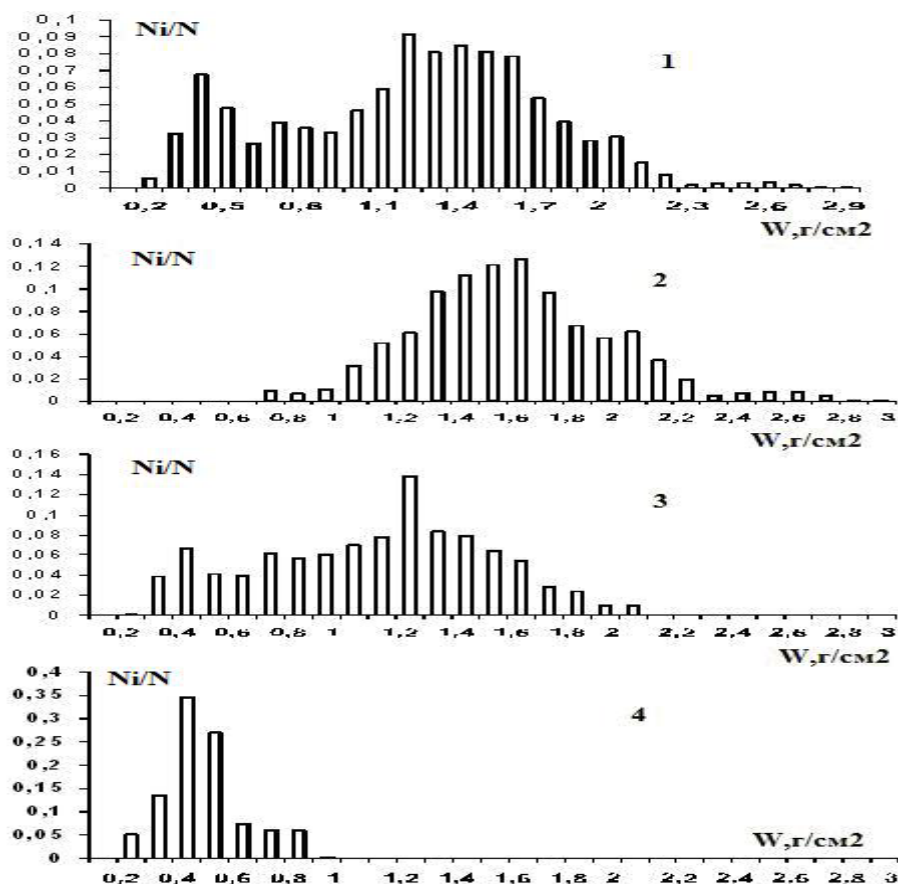


Рис.11. Гистограмма повторяемости влагосодержания в 2010г : 1-весь год; 2-лето; 3 -осень; 4 -зима.

Экспоненциальная функция Ангстрема описывает зависимость аэрозольной оптической толщины от длины волны излучения. Параметр Ангстрема часто используется как качественный указатель размера частицы аэрозоля. Его значение с величинами больше, чем 2 указывает на небольшие частицы, связанные побочными продуктами горения, а величины менее чем 1 указывает на наличие крупных частиц, подобно соли и пыли. Для ясных дней параметр Ангстрема изменяется в пределе $\alpha(\lambda) = 0.5 - 1.4$. Для характерных дней г.Душанбе эти значения находятся в области $\alpha(\lambda) = 0.2 - 0.8$. В дни с вторжением пыльной мглы значения параметра Ангстрема находится в области $\alpha(\lambda) = 0.075 - 0.17$, т.е. относительно ясного дня 7-8 раз меньше.

Гистограмма повторяемости $\alpha(\lambda)$ (рис.12) свидетельствует о его значения в области 0.1-1, с максимумом около $\alpha(\lambda) \approx 0.7$ в исследуемом периоде 2010 г. (1).

Таблица 6.

Среднемесячные данные АОТ, водяного пара и параметр Ангстрема в период с июля 2010 по сентябрь 2013 гг.

Годы (кол-во измерений)	месяцы	$\tau(\lambda)$						w	A	
		1020нм	870нм	675нм	500нм	440нм	340нм			
2010(5953)	VII	0.193	0.216	0.232	0.278	0.381	0.372	1.687	0.528	
	VIII	0.305	0.332	0.358	0.413	0.434	0.495	1.552	0.483	
	IX	0.156	0.172	0.191	0.236	0.258	0.326	1.307	0.742	
	X	0.216	0.229	0.245	0.278	0.293	0.337	1.169	0.477	
	XI	0.111	0.131	0.182	0.269	0.312	0.398	0.771	1.201	
	XII	0.147	0.16	0.204	0.276	0.311	0.377	0.515	0.92	
2011(5346)	I	0.11	0.128	0.164	0.236	0.273	0.344	0.504	1.211	
	II	0.067	0.068	0.1	0.147	0.173	0.228	0.627	1.398	
	VII	0.24	0.259	0.285	0.33	0.354	0.425	1.601	0.482	
	VIII	0.334	0.355	0.382	0.429	0.454	0.528	1.638	0.48	
	IX	0.182	0.196	0.219	0.261	0.284	0.348	1.341	0.59	
	X	0.304	0.315	0.338	0.381	0.405	0.464	1.273	0.728	
	XI	0.055	0.064	0.092	0.142	0.168	0.223	0.894	1.409	
	XII	0.085	0.098	0.148	0.228	0.27	0.349	0.381	1.501	
	2012(7428)	I	0.066	0.073	0.111	0.174	0.207	0.272	0.376	1.583
		II	0.059	0.063	0.092	0.142	0.168	0.217	0.324	1.422
		III	0.105	0.11	0.136	0.182	0.207	0.258	0.65	0.981
		IV	0.073	0.088	0.105	0.145	0.166	0.214	1.089	0.95
V		0.09	0.107	0.122	0.161	0.18	0.23	1.686	0.855	
VI		0.116	0.138	0.155	0.206	0.232	0.307	1.922	0.842	
VII		0.202	0.233	0.262	0.333	0.366	0.452	1.743	0.767	
VIII		0.206	0.231	0.25	0.304	0.331	0.409	1.694	0.594	
IX		0.256	0.276	0.292	0.337	0.359	0.422	1.279	0.471	
X		0.063	0.069	0.078	0.103	0.115	0.15	0.697	0.767	
2013(4329)		I	0.104	0.115	0.149	0.212	0.243	0.306	0.541	1.305
		II	0.103	0.111	0.134	0.185	0.212	0.264	0.612	1.449
	III	0.139	0.149	0.159	0.192	0.209	0.244	1.014	0.791	
	IV	0.11	0.127	0.144	0.187	0.208	0.259	1.156	0.866	
	V	0.104	0.122	0.133	0.172	0.193	0.247	1.412	0.825	
	VI	0.191	0.213	0.224	0.269	0.294	0.366	1.677	0.518	
	VII	0.168	0.193	0.21	0.267	0.297	0.381	1.694	0.702	
	VIII	0.223	0.25	0.276	0.344	0.38	0.478	1.941	0.679	
	IX	0.201	0.220	0.238	0.313	0.379	0.384	1.310	0.750	
среднее		0.153	0.168	0.193	0.244	0.273	0.334	1.149	0.891	
максимум		0.334	0.355	0.382	0.429	0.454	0.528	1.941	1.583	
минимум		0.055	0.063	0.078	0.103	0.115	0.150	0.324	0.471	

Гистограмма повторяемости $\alpha(\lambda)$ в летний период имеет бимодальный вид с максимумами при $\alpha(\lambda) \approx 0.5$ и $\alpha(\lambda) \approx 1.3$ в интервале 0.2-1.5, где преобладают крупнодисперсные частицы (2), связанные с частым вторжением пылевой мглы в этот период. Такая картина прослеживается и в гистограмме осеннего периода (3) и только лишь в гистограмме зимы (4) видно увеличение субмикронной фракции аэрозоля. Это означает, что даже зимой атмосфера г. Душанбе не очищается от крупнодисперсных частиц.

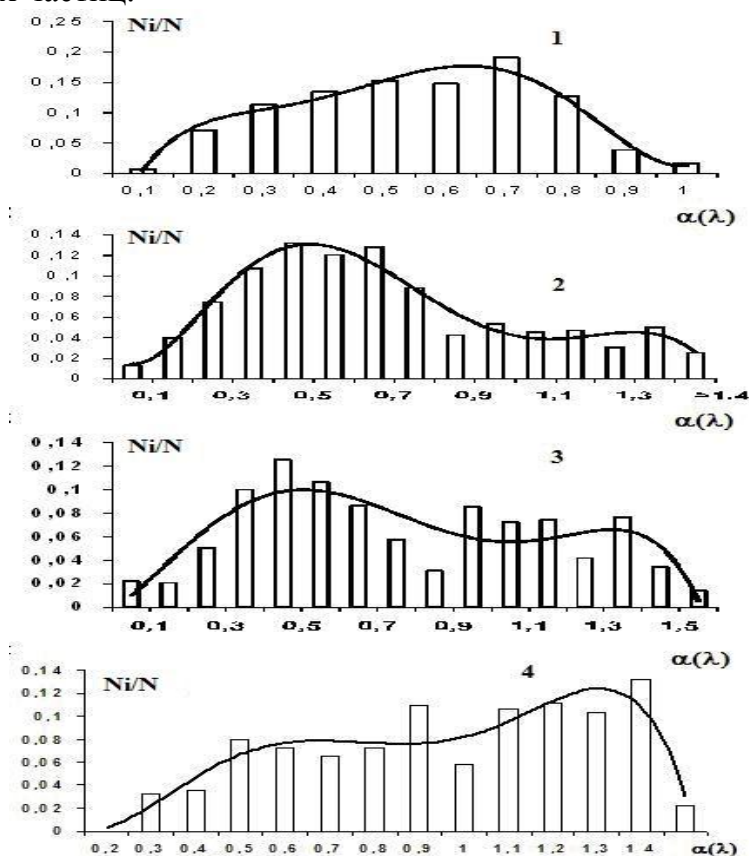


Рис. 12. Гистограмма повторяемости $\alpha(\lambda)$ для всех сезонов

Величина альbedo однократного рассеяния, равная 0.85, широко используется как критическое значение, разделяющее тенденции глобального охлаждения $\Lambda > 0.85$ (23.08.2010) и глобального нагревания $\Lambda < 0.85$ (22.08.2010). Поэтому для частиц различного размера направление температурных изменений зависит от того, каким образом поглощающие вещества входят в аэрозоль. Исследование альbedo однократного рассеяния аэрозоля Λ , характеризующего его поглощательные свойства, является важнейшей задачей для уточнения радиационного форсинга аэрозоля. Из гистограммы повторяемостей (рис.13) следует, что АОР аэрозоля в г. Душанбе изменяется в диапазоне 0.03-1. Сильные поглощения и меньшие значения Λ характерны для длинноволновой области спектра. Гистограмма повторяемостей Λ при видимой и БИК области спектра приобретают бимодальное распределение.

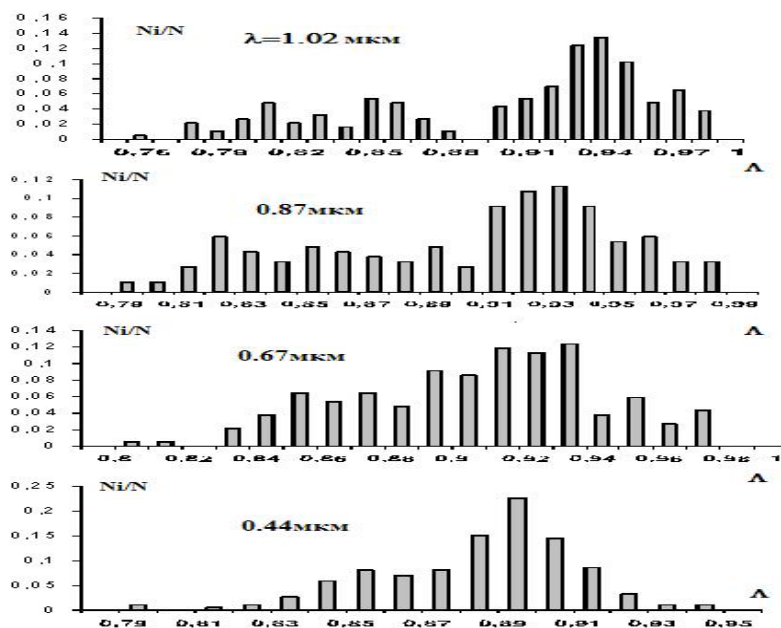


Рис. 13. Гистограмма повторяемости Λ в период 2010 г.

Значение $\Lambda < 0.85$ как критерия глобального нагрева реализуется в длинноволновом диапазоне спектра. Это свидетельствует о двойной роли пылевого аэрозоля в изменении климата: при высоких концентрациях аэрозоль вносит вклад в антипарниковый эффект, а при низких концентрациях - в парниковый эффект.

Шестая глава посвящена исследованию влияния антропогенных факторов на изменение климата (вариация концентрации углекислого газа, приземного озона и водяного пара в атмосфере, изменение альбедо поверхности, изменение радиационных характеристик атмосферы (прямая, суммарная, отраженная и рассеянная радиация). В данной главе приведены результаты исследования изменения суточной концентрации углекислого газа в атмосфере г. Душанбе ($38^{\circ}33'с.ш., 68^{\circ}47'в.д.$, высота 821м над ур. моря), пустыни Айвадж (250 км юга от г. Душанбе ($36^{\circ}58'с.ш., 68^{\circ}01'в.д.$, высота 311 м над ур. моря) и п. Зидди (в 90 км от г. Душанбе) ($39^{\circ}03'с.ш., 68^{\circ}52'в.д.$, высота 2449 м над ур. моря).

На рис.14. представлены корреляции изменения температуры от концентрации CO_2 в разных пределах от 320 -2100 ppm. Как в случае атмосферы (рис.14а) в диапазоне 320-390 ppm так и в теплицах получены отрицательные коэффициенты корреляции: для атмосферы $r = -0.502$ (в диапазоне 320-390 ppm) , для теплиц $r = -0.60$ (в диапазоне 500-850 ppm) и $r = -0.70$ (в диапазоне 1200-2100 ppm).

Таким образом проведенные нами прямые экспериментальные измерения температуры воздуха в зависимости от концентрации CO_2 подтвердили что CO_2 является антипарниковым газом. Этот факт подтверждает необоснованность мнения ряда экспертов о том, что главной причиной потепления климата является повышение концентрации CO_2 .

Проведенные исследования суточной вариации углекислого газа в атмосфере пустыни Айвадж, в субаридной зоне г. Душанбе и в высокогорной зоне Зидди в июле 2011 г. привели к следующим результатам (рис 15.): для Айваджа среднее амплитудное значение 334 ppm при максимальном значении 394 ppm и минимальное 300 ppm; для г. Душанбе среднее амплитудное значение 332 ppm при

максимальном значении 392 ppm и минимальном 293 ppm; для п. Зидди среднее амплитудное значение 304 ppm при максимальном значении 416 ppm и минимальное 252 ppm.

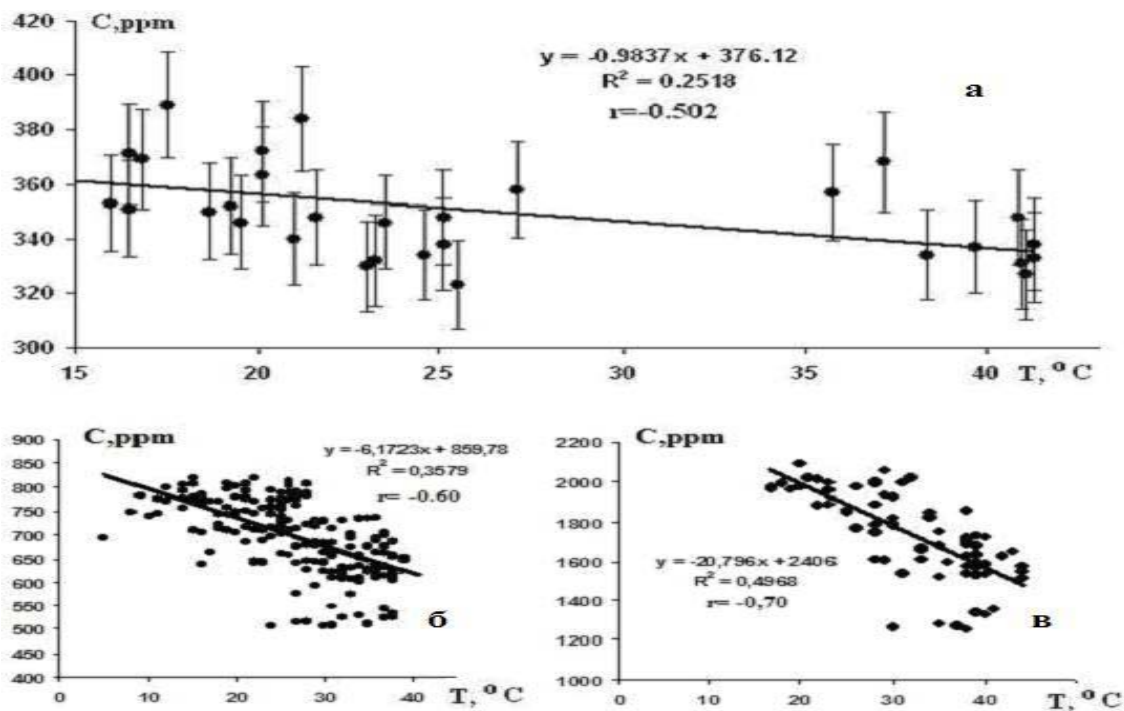


Рис.14. Корреляция концентрации углекислого газа с температурой: *а-в* - в атмосфере; *б, в* - в парнике.

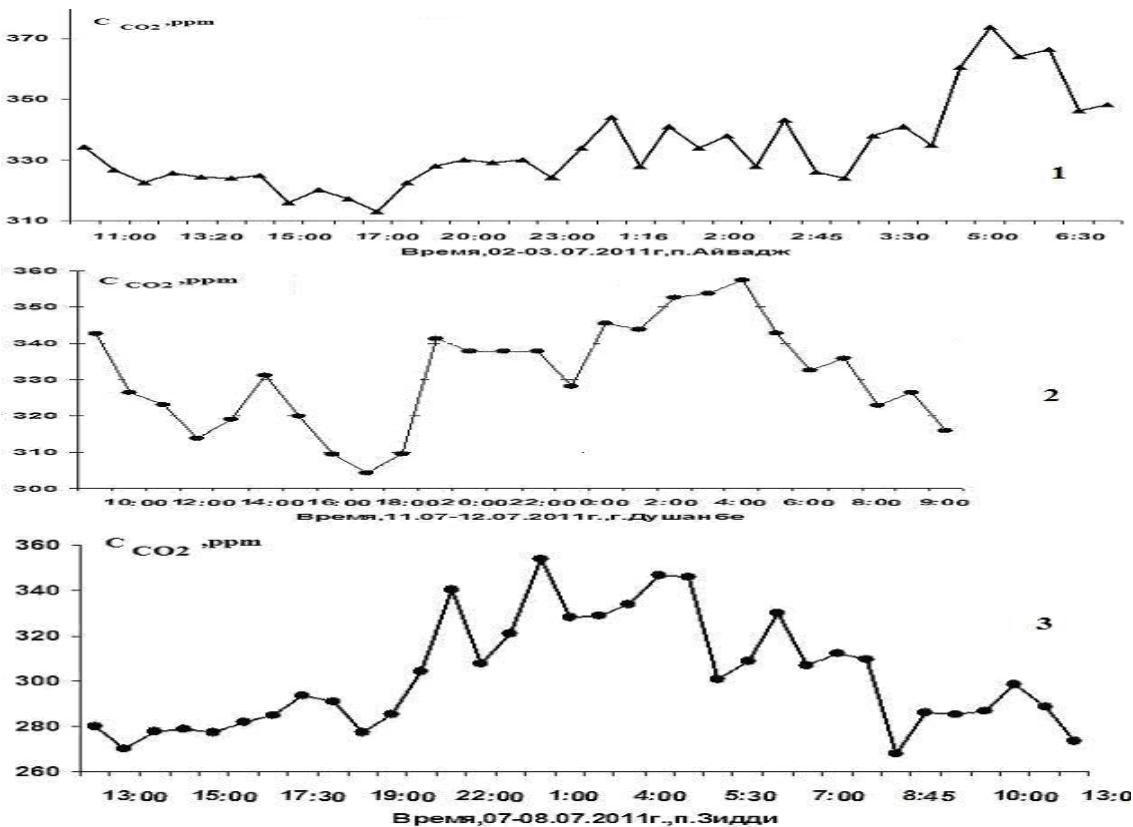


Рис 15. Среднесуточные изменения концентрации углекислого газа в приземном слое атмосферы: 1- в пустыне Айвадж; 2 - г. Душанбе; 3 - в высокогорной зоне п. Зидди.

В третьей декаде августа 2010 г. в г. Душанбе зафиксированы уровни озона, превышавшие 210 мкг/м^3 , в Айвадже в первой декаде июля 2011г - 419 мкг/м^3 . Высокие уровни озона в атмосфере сопровождались повышенной температурой воздуха и высоким уровнем солнечной радиации.

На рис.16а приведено изменение концентрации озона в июле-ноябре 2010 г. При уменьшении температуры воздуха уменьшается концентрация O_3 . Максимум концентрации озона с 14.08.2010 по 11.09.2010 г связан с антропогенным воздействием. При вырубке порядка 100 многолетних деревьев около здания Физико-технического института им. С.У.Умарова Академии наук в сентябре 2010 года содержание озона в атмосфере увеличилось на 30%. Это пример отрицательного антропогенного воздействия на окружающую среду. На рис. 16б, приведено изменение концентрации озона с температурой. Эта зависимость является достаточно линейной и коэффициент корреляции составляет 0.75, что считается очень высоким.

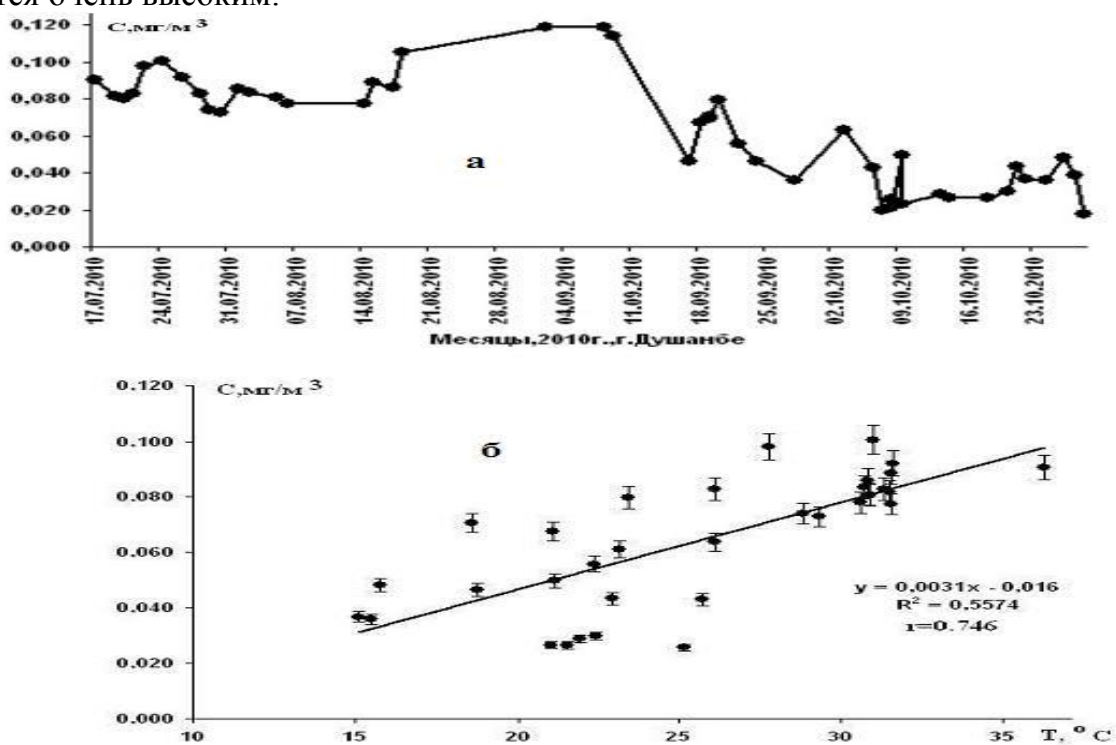


Рис. 16. а - Изменение концентрации озона в период июль-октябрь 2010г в г. Душанбе; б - корреляция концентрации озона с температурой.

Исследования суточной вариации O_3 в атмосфере пустыни Айваджа, субаридной зоны г. Душанбе и высокогорной зоны Зидди в июле 2011г. привели к следующим результатам (рис 17.): для Айваджа среднее амплитудное значение 106 мкг/м^3 при максимальном значении 419 мкг/м^3 (максимальная среднечасовая концентрация- 178 мкг/м^3); для г.Душанбе среднее амплитудное значение 59 мкг/м^3 при максимальном значении 108 мкг/м^3 и минимальном - 33 мкг/м^3 ; для п. Зидди среднее амплитудное значение 94 мкг/м^3 при максимальном значении 144 мкг/м^3 . При пыльной мгле среднедневное падение концентрации O_3 составляет $10\text{-}55 \text{ мкг/м}^3$.

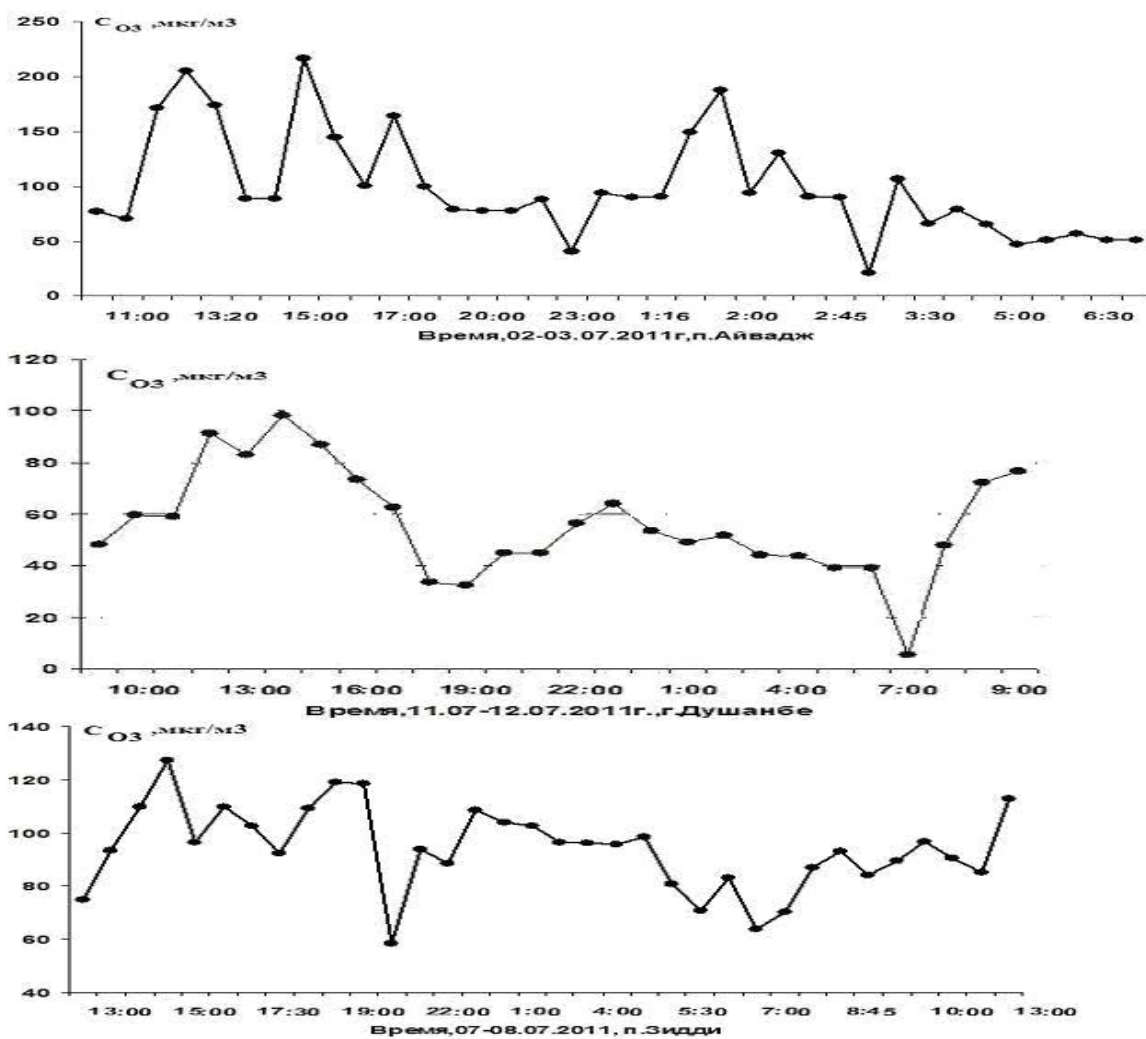


Рис.17. Среднесуточные изменения концентрации O_3 в приземном слое атмосферы: 1- в пустыне п. Айвадж; 2 - в г. Душанбе; 3 - в высокогорной зоне п. Зидди.

Данные измерений основных метеорологических параметров накапливаются с 5 марта 2005 г, оптических и микрофизических характеристик аэрозоля – с 5 июля 2010 г и солнечной радиации в широком спектральном диапазоне – с марта 2011 г. Использование датчиков излучения, имеющих вторичный стандарт и первый класс для измерений, методики измерения и обработка сигналов в соответствии с требованиями WMO позволили достигнуть точности конечных данных, необходимых для последующего использования их при моделировании и анализе результатов измерений. В табл.7. приведены средние и пиковые месячные значения суммарной радиации Q в $\text{Вт}/\text{м}^2$, отраженной радиации R в $\text{Вт}/\text{м}^2$, альбедо поверхности A и общее количество измерения N в г. Душанбе в период март 2011-август 2013 г.

В период март 2011-сентябрь 2013г получены данные об изменении глобальной радиации от 0.194 до 1.293 $\text{кВт}/\text{м}^2$ при среднем значении 0.670 $\text{кВт}/\text{м}^2$. Отраженная радиация менялась в диапазоне 0.034 – 0.484 $\text{кВт}/\text{м}^2$ при среднем значении 0.178 $\text{кВт}/\text{м}^2$. Альбедо поверхности менялось от 0.14 до 0.98 при среднем за период наблюдения 0.22. Проведенные исследования охватывает 600145 серий измерений.

Таблица 7

Средние и пиковые месячные значения суммарной , отраженной радиации, альbedo поверхности и общее количество измерения в г. Душанбе в период март 2011- сентябрь 2013г.

Месяцы(годы)	Q,	R,	A	Q,	R,	A	N
	Среднее			Максимальное			
III(2011)	346,88	86,73	0,23	1057,00	276,70	0,31	19143
IV	443,15	126,01	0,25	1037,00	295,60	0,33	21923
V	462,40	120,05	0,23	1293,00	335,50	0,30	27565
VI	492,07	122,17	0,22	1133,00	300,00	0,32	42897
VII	499,18	132,85	0,25	946,00	261,00	0,34	25927
VIII	386,18	108,19	0,27	978,00	273,00	0,40	28165
IX	439,74	121,64	0,26	938,00	259,40	0,30	21329
X	279,29	70,16	0,22	802,00	213,30	0,30	18401
XI	212,41	33,38	0,14	750,50	179,70	0,39	14164
XII	193,89	39,59	0,19	601,90	201,40	0,39	11700
I (2012)	218,54	52,90	0,26	693,00	258,70	0,91	15210
II	224,05	65,73	0,30	891,00	436,60	0,91	16182
III	287,15	73,95	0,24	1050,00	361,55	0,40	19677
IV	354,20	83,71	0,22	1087,00	273,50	0,38	23525
V	345,72	80,42	0,20	1243,00	286,90	0,47	26207
VI	420,96	91,95	0,20	1194,00	284,40	0,40	9747
VII	491,57	111,83	0,21	1095,00	253,00	0,43	9362
VIII	457,34	100,70	0,22	937,00	200,86	0,46	8673
IX	415,99	106,68	0,26	900,00	223,60	0,56	19241
X	342,04	87,48	0,25	831,00	205,83	0,35	20456
XI	225,99	36,90	0,17	942,16	117,47	0,30	2799
XII	200,20	52,63	0,27	605,30	335,12	0,36	16264
I (2012)	217,25	57,02	0,26	714,40	252,40	0,91	16838
II	220,72	54,22	0,21	787,50	185,85	0,98	17696
III	313,92	75,64	0,22	1051,00	483,23	0,39	21531
IV	358,01	86,29	0,21	1183,00	273,27	0,33	23387
V	459,71	110,88	0,19	1181,00	280,83	0,39	25951
VI	471,90	105,11	0,19	1236,00	268,49	0,38	26032
VII	481,58	107,27	0,20	1097,00	249,43	0,38	25283
VIII	455,17	113,33	0,22	1046,00	252,41	0,38	24870
IX	416,00	107,00	0,25	937,18	213,41	0,36	22008

Полученные результаты показывают, что в дневном ходе максимум радиации (глобальная, отраженная радиация и альbedo поверхности) опережает максимум температуры воздуха на 3 часа. Установлено, что суточный ход часовых сумм глобальной радиации $\Sigma_h Q$ в относительных единицах (в процентах от суточных сумм $\Sigma_d Q$) в разные месяцы для Душанбе зависит от продолжительности

дня: в зимнее время кривая суживается у основания и увеличивается по абсолютной величине в максимуме (в полдень).

В **заключении** приведены результаты и выводы, полученные в диссертационной работе.

Основные результаты и выводы

1. Создан универсальный комплекс аппаратуры и разработаны методики для исследования структуры и свойств аэрозольной компоненты атмосферы с помощью которых решены прикладные и фундаментальные задачи по влиянию естественных и антропогенных факторов на радиационный режим и региональный климат юго-восточной части Центральной Азии. Комплекс аппаратуры включает: экспериментальную оптическую установку для синхронных измерений пропускания излучения атмосферой в диапазоне длин волн (0.3-25 мкм); многокаскадный импактор для равномерного осаждения проб аэрозолей; фотоэлектрический аэрозольный нефелометр (ФАН) для измерения коэффициента аэрозольного ослабления; аппаратуру для измерения массовой концентрации аэрозольных частиц; 16-канальный оптический счетчик аэрозольных частиц диапазона 0.6-3.6 мкм; солнечный фотометр СЕ-318; аэрозольный счетчик частиц диапазона 0.3-1.0 мкм; альбедометр; пиранометр; газоанализаторы CO_2 , O_3 и водного пара.

Для исследования аэрозольной компоненты атмосферы использованы методы ИК - и фотоакустической спектроскопии, лазерной флуориметрии, метод диффузного отражения, элементный и изотопный анализ, а также данные сети АЭРОНЕТ г. Душанбе.

Представленный экспериментальный материал базируется на данных:

а) по анализу температурных эффектов пылевой мглы и пылевых бурь (1989-2013 гг.)

б) по исследованию оптических и микрофизических характеристик аэрозоля по программе АЭРОНЕТ (2010-2013 гг.)

2. Установлено, что соотношение оптических толщин в видимой и ИК - области спектра для пылевого аэрозоля при моделировании пылевой мглы в аэрозольной камере составляет $\tau_{0.5\text{ мкм}}/\tau_{10.2\text{ мкм}}=1.4-3.2$. Это свидетельствует о том, что оптические свойства пылевой мглы в видимой и ИК - области спектра формируют крупные по размеру в несколько микрон частицы. Соотношение оптических толщин для пылевой мглы на порядок меньше, чем для дымового аэрозоля.

3. По данным микрофизических измерений установлено, что в период пылевой бури массовая концентрация пылевого аэрозоля достигает $6-7 \text{ мг/м}^3$, что в 30-50 раз больше, чем для относительно чистой атмосферы. Функции распределения аэрозоля оказались бимодальными с максимумами, соответствующими частицам, с диаметром $d \approx 1 \text{ мкм}$ и $d \approx 3 \text{ мкм}$.

4. Исследования ИК - спектров проб аэрозолей и почв (80 проб) свидетельствуют о почвенном происхождении пылевого аэрозоля. Сравнительный анализ ИК - спектров почв и ПБ (ПМ) в диапазоне частот $400 - 4000 \text{ см}^{-1}$ позволяют оперативно определить источник образования ПБ (ПМ).

5. Методом Крамерса – Кронига на основе измеренных спектров отражения $R(\nu)$ образцов пылевого аэрозоля с учетом “привязки” значение показателя преломления в видимой области, полученное иммерсионным методом, определены

спектры $n(\nu)$ и $k(\nu)$ в области достаточно интенсивных инфракрасных максимумов полос поглощения. Определены соотношения экстинкции $\varepsilon/\varepsilon_{0.5}$ и альbedo однократного рассеяния для среднего эффективного радиуса частиц $r_{эфф}$ по теории Ми.

6. Методом лазерной флуориметрии установлено наличие флуоресцирующих органических веществ в пробах почв и пыльной мглы и выявлен временной ход изменения флуоресценции при изучении динамики процесса растворения аэрозоля. Проведен экспресс-анализ загрязнения водных сред вследствие ПБ (ПМ), позволяющий идентифицировать наиболее вероятные зоны образования источника ПБ (ПМ), а также оценить содержание органической компоненты аэрозоля.

7. Методами фотоакустической спектроскопии и диффузного отражения в ультрафиолетовой и видимой области спектра установлено, что увеличение поглощения аэрозолем происходит в коротковолновой области спектра. В области 0.5-0.6 мкм наблюдается ряд диффузных полос в виде устойчиво воспроизводимого максимума, а в области 0.2-0.4 мкм наблюдается структурная полоса с заметным максимумом экстинкции в области 0.22 мкм. Сопоставление полученных результатов с результатами работ по марсианской пыли свидетельствуют о некотором их сходстве (заметный максимум экстинкции в области 0.22 мкм; множество узких полос (диффузные полосы) в видимой области спектра; полосы поглощения при 3, 7 и 9.6 мкм; наличие температурных эффектов, приводящих к охлаждению приземного слоя планет в период пылевых бурь, элементный, изотопный и минералогический состав. Методом диффузного отражения в видимой области спектра получены спектр альbedo подстилающей поверхности, удельная поглощательная способность и альbedo однократного рассеяния для аэрозольного слоя.

8. Результаты анализа элементного состава проб пыльной мглы свидетельствуют о десятикратном повышении содержания радиоактивных изотопов по сравнению с пробами почвы районов, расположенных по пути распространения пыльной мглы, что является доказательством обогащения пыльной мглы изотопами из сопредельных государств (Китай, Пакистан, Афганистан и др), в частности - изотопом калия К-40. Повышение концентрации изотопа К-40 свидетельствует о повышении уровня содержания урана и тория в исследованных пробах, концентрация которых колеблется от 330 Бк/кг для проб почвы до 2300 Бк/кг для проб пыльной мглы. Из 80- исследованных проб в пяти обнаружен Cs-137 (от 6-12 Бк/кг), только в двух пробах - изотоп Be-7 (3056 Бк/кг и 3645 Бк/кг), в двух других – изотопы Ra-226 (77.333 Бк/кг) и Th-234 (32.890 Бк/кг).

9. Проведен анализ температурных эффектов ПБ (ПМ) за период 1989-2012гг. Полученные результаты температурных эффектов пылевого аэрозоля для пяти станций, расположенных по пути распространения пылевых бурь, свидетельствуют о том, что в 41% случае пылевой аэрозоль усиливает парниковый эффект, а в 59% случаев, наоборот, его ослабляет.

10. Определены статистические характеристики АОТ и параметр Ангстрема, характеризующие её спектральную зависимость. Установлено, что распределение повторяемости АОТ носит логнормальный, а показатель Ангстрема – нормальный характер. Их средние значения соответствуют типичным значениям для аридной зоны. Показано последовательное изменение АОТ в течение суток. Временная зависимость показателя Ангстрема свидетельствует о изменении содержания мелких частиц, преобладающих в утренние часы, на более крупные - в вечерние

часы при отсутствии пыльной мглы. В качестве справочного материала эти данные выставлены в INTERNET (<http://aeronet.gsfc.nasa.gov>) для использования специалистами широкого профиля.

11. Исследовано влияние антропогенных факторов на изменение климата: вариация концентрации углекислого газа, приземного озона и водяного пара в атмосфере, изменение альbedo поверхности, изменение радиационных характеристик атмосферы (суммарная и отраженная радиация). На основе результатов суточной вариации углекислого газа и озона в атмосфере пустыни Айвадж, субаридной зоны г. Душанбе и высокогорной зоны пос. Зидди в 2010-2012 гг. установлено, что для пустынной зоны и среднегорья среднесуточное значение содержания углекислого газа сравнимо со средним глобальным планетарным значением, в высокогорье эти значения сравнимы со значениями доиндустриального периода. При пыльной мгле среднедневное падение концентрации углекислого газа для региона составляет от 40 до 140 ppm. Коэффициент корреляции изменения концентрации углекислого газа с температурой составляет $r=-0.502$, что свидетельствует об отрицательной корреляции зависимости изменения температуры с концентрацией углекислого газа. Установлено, что среднесуточные значения концентрации приземного озона в пустыне превышает ПДК (высокие уровни озона в атмосфере пустыни связаны с повышенной температурой воздуха и высоким уровнем солнечной радиации), а на высокогорьях это значение находится на уровне ПДК. При пыльной мгле среднедневное падение концентрации озона в регионе колеблется от 10 до 55 мкг/м³, а коэффициент корреляции изменения концентрации озона с температурой составляет $r=0.75$.

Список цитируемой литературы

1. Розенберг Г.В. Пути развития атмосферной оптики/ В кн: Актинометрия и атмосферная оптика // Гидрометеиздат. 1961. С. 9–15.
2. Радионов С.Ф. Электрометрическое исследование рассеяния света в земной атмосфере // Изд. АН СССР М. 1957. 234 с.
3. Пясковская - Фесенкова Е.В. Исследования рассеяние света земной атмосферы // Изд. АН СССР М. 1957. 219 с.
4. Зуев В.Е. Прозрачность атмосферы для видимых и инфракрасных лучей //Изд. Советское радио. 1966. 318 с.
5. Кондратьев К.Я., Жвалев В.Ф. Первый глобальный эксперимент ПИГАП “Аэрозоль и климат” // Л. Из – во Гидрометеиздат. 1976. 239 с.
6. Лифшиц Г.Ш. Рассеяние света в атмосфере //Ч.1. Алма-Ата.: Наука. 1965. 177 с.
7. Аэрозоль и климат. / Под. ред. К.Я.Кондратьева. Л.: Гидрометеиздат, 1991, 541с.
8. Ивлев Л.С. Химический состав и структура атмосферных аэрозолей //Л. Изд-во ЛГУ. 1982. 368 с.
9. Обухов А.М., Голицын Г.С. Возможные атмосферные последствия ядерного конфликта // Земля и вселенная.1983. №6. 280 с.
10. Голицын Г.С., Шукуров А.Х. Температурные эффекты пылевого аэрозоля на примере пылевых бурь Таджикистана //ДАН СССР. 1987. Т.297. №6. С. 1334-1337.

11. Гинзбург А.С., Соколик И.П. Пропускание и отражения света атмосферным слоем поглощающего аэрозоля // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1989. Т.25. №9. С. 954-959.
12. Brinkman A.W., Mc Gregor Solar radiation in desert Saharan aerosol in northern Nigeria // J.-Quart. J. Roy. Met. Soc. 1983.V.109. P. 831-847.
13. Zurek R.W. Martian great dust storms // Icarus. 1982. V. 50. №2-3. P. 288-310.
14. Thompson S. L.; Schneider S. H., Golitsyn G.S. et al. Environmental Consequences of Nuclear War // Environment 1986. V.28. Issue 8. P. 2.
15. Cess R.D.; Potter G.L.; Ghan S.J.; et al. The climatic effects of large injections of atmospheric smoke and dust: A study of climate feedback mechanisms with one- and three-dimensional climate models // J. of Geophys. Res. 1980. V. 90. № D7. P. 12937-12950.
16. Голицын Г.С., Шукуров А.Х., Гинзбург А.С. Комплексное исследование микрофизических и оптических свойств дымового аэрозоля // Изв АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1988. Т. 24. №3. С. 227-234.
17. Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля. // Под ред. Голицына Г.С. Санкт-Петербург. НПО Тайфун. 1992. 208 с.
18. Комплексный советско-американский эксперимент по исследованию фонового аэрозоля // Под ред. В.Д. Степаненко. Л.: Гидрометеиздат. 1986. 120 с.
20. Кондратьев К.Я., Васильев О.Б., Ивлев Л.С., и др. Влияния аэрозоля на перенос излучения: возможные климатические последствия // Л.: Из – во ЛГУ. 1973. 266 с.
21. Ивлев Л.С., Попова С.И. Оптические константы атмосферного аэрозоля // Изв. вузов. Физика. 1972. №5. С. 91-97.
22. Ивлев Л.С., Андреев С. Д. Оптические свойства атмосферных аэрозолей // Л.: Из – во ЛГУ. 1986. 360 с.
23. Довгалюк Ю.А., Ивлев Л.С. Физика водных и других атмосферных аэрозолей.// Изд.2-е. Изд. СПбГУ. 1998. 321 с.
24. Егоров А. Д., Перельман А. Л. Измерение размеров оптически неоднородных частиц. В сб. "Естественные и антропогенные аэрозоли", СПб, НИИ Химии СПбГУ, 1998, С. 222-225.
25. Hanel G. The properties of atmospheric aerosol particles as function of the relative humidity at thermodynamic equilibrium with the surrounding moist air. Advances of Geophysics. 1976.V.19. P.73-188.
26. Чайковский А.П., Иванов А.П., Балин Ю.С., и др. Лидарная сеть CIS-LiNet для мониторинга аэрозоля и озона: методология и аппаратура // Оптика атмосф. и океана. 2005. Т. 18. № 12. С. 1066-1072.
27. Кугейко М.М., Лысенко С.А. Лазерная спектрофелометрия аэродисперсных сред. Мн.: БГУ. 2012. 208 с.
28. Егоров А. Д., Потапова И.А. Лидарные исследования прозрачности атмосферы //Труды НИЦ ДЗА (филиал ГГО), 2004, вып.5 (Тр. ГГО им. А.И.Воейкова, вып. 553). С. 131 - 142;
29. Васильев А. В., Ивлев Л. С. Численное моделирование оптических характеристик полидисперсных сферических частиц // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т.8. № 6. С. 921 —928.
30. Васильев А. В., Ивлев Л. С. Численное моделирование спектральной аэрозольной индикатрисы рассеяния света // Оптика атмосферы и океана 1996. Т.9. №1. С.129 —133.

31. *Васильев А.В., Мельникова И.Н.* Коротковолновое солнечное излучение в атмосфере Земли. Расчеты, измерения, интерпретация Пб, Изд-во НИИХ СПбГУ, 2002. 388 с. - ISBN 5-7997-0467-3
32. *Васильев А.В., Ивлев Л.С., Кугейко М.М., и др.* Оценка точности контрольных измерений в задачах оптической диагностики микрофизических параметров аэрозоля // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22. N 9. С. 873-881.
33. *Sukovatov K. Yu., Pavlov V. E. and Oshlakov V. K.* Estimates of the variations of the aerosol optical depth according to observations of directional scattering coefficients in southeast Kazakhstan // Atmospheric and Oceanic Optics. 2010. V.23. №6. P. 404-410.
34. *Pavlov V. E., Sviridenkov M. A., Zhuravleva T. B., et al.* Aerosol scattering phase function for the arid territory of southeast Kazakhstan // Atmospheric and Oceanic Optics. 2011. V.24. №3. P. 247-252
35. *Лукишин В.В., Исаков А.А.* Оптические характеристики дымовых аэрозолей // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1988. Т.24. №3. С. 264-270.
36. *Будыко М.И., Голицын Г.С., Израиль Ю.А.* Глобальные климатические катастрофы // Л.: Гидрометеиздат. 1986. 160 с.
37. *Pittock A.B., Acherman T.P. Crutzen P.J., et. al.* Environment consequences of nuclear war. Physical effects // Physical and Atmospheric Effects 1985. V. 1. 359 p.
38. *Вельтыцев Н.Н. Голицын Г.С.* Температурный эффект дымового аэрозоля // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1988. Т.24. №3. С.271-275.
39. *Тертышников А.В.* Предвестники сильных землетрясений в озоносфере // Гелиогеофизические исследования. 2012. Вып. 2. С. 54–59.
40. *Мак-Кинон Д.* Спутниковые данные о пыльных бурях в Таджикистане // Сб. Советско-американский эксперимент по изучению аридного аэрозоля Под. ред. Г.С.Голицына. Санкт-Петербург. 1992. С. 25-26.
41. *Белан Б.Д., Кабанов Д.М., Панченко М.В. и др.* Самолетное зондирование параметров атмосферы в пылевом эксперименте // Там же. С. 26-38.
42. *Фадеев В.В.* Лазерная спектроскопия водных сред // Дисс. докт. физ. мат. наук. М.: МГУ. 1983. 500 с.
43. *Л. М. Шукурова, А. Н. Груздев* Временная изменчивость химического состава приземного аэрозоля в Подмосковье в 1999–2005 гг. по результатам ИК спектроскопии аэрозольных проб // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2010. Т.46. №3. С.332-346.

Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:

Публикации автора в периодических изданиях, рекомендованных ВАК

1. *Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Шукуров А.Х., Жураев А.М.* Микрофизические свойства пылевого аэрозоля аридной зоны // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 1995. Т.38. №7-8. С. 5-9.
2. *Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Шукуров А.Х., Жураев А.М.* Изменчивость прозрачности атмосферы под воздействием выноса пылевого аэрозоля в условиях высокогорной аридной зоны Таджикистана // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 1995. Т.38. №7-8. С. 9-14.
3. *Назаров Б.И., Альперович Л.И., Абдуллаев С.Ф., Раджабов Х.Ф.* Определение оптических постоянных пылевидных аэрозолей в ИК области спектра

методом отражения // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 1995. Т.38. №7-8. С. 15-19.

4. Назаров Б.И., Голицын Г.С., Шукуров А.Х., Абдуллаев С.Ф., Температурные эффект пылевого аэрозоля в период прохождения «афганца» в Таджикистане // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 1999. Т. XLII №10. 1999. С. 59-63.

5. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А. Изменение дисперсного состава аэрозоля в период пыльных бурь // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2007. Т.50. №5. С. 431-435

6. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А. О влиянии пылевого аэрозоля на температуру воздуха // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2007. Т.50. №4. С. 340-344.

7. Маслов В.А. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф. Влияние изменение концентрации аэрозоля на прозрачность атмосферы // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2007. Т.50. №3. С. 241-247.

8. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А. Изменение оптических параметров сильно запыленного воздуха в условиях аридной зоны // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2007. Т.50. №7. С. 598-606.

9. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Абдурасулова Н.А. Изменение температурных параметров атмосферы в сильно запыленном воздухе // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2007. Т.50. №9-10. С. 740-747.

10. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Шукуров А.Х., и др. Исследование закономерности распределения размеров аэрозольных частиц в сильно запыленном воздухе // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2007. Т.50. №8. С.673-680.

11. Акылбеков А.Т., Абдуллаев С.Ф., Шарифов Д.М. Оптоакустическая спектроскопия газообразных веществ // Вестник Карагандинского государственного университета. 2008. №3 (51). С. 44-55.

12. Назаров Б. И., Абдуллаев С. Ф., Маслов В.А., Влияние парниковых газов на глобальное изменение климата // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2009. №2(135). С. 56-62.

13. Nazarov B. I., Maslov V. A., and Abdullaev S. F., Optical and Microphysical Parameters of Arid Dust Aerosol. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, © Pleiades Publishing, Ltd., 2010. V.46. N 4. P. 468–474.

14. Nazarov B. I., Abdullaev S. F., and Maslov V. A., Studies of Temperature Effects of Dust Storms Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics. © Pleiades Publishing, Ltd. 2010. V. 46. N.4. P. 475–481.

15. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., и др. Исследования функции распределения частиц и вариация сажевого аэрозоля в атмосфере // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2010. Т.53. №5. С. 358-363.

16. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А. и др. О температурных эффектах пыльной мглы // Доклады Академии наук Республики Таджикистан 2010. Т. 53. № 6. С. 454-459.

17. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., и др. Влияние уровня температурной инверсии атмосферы на тепловой эффект пыльной мглы // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2010. Т.53. №7. С. 516-521

18. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., и др. Оптические параметры пылевого аэрозоля для АЭРОНЕТ // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2010. Т. 53. № 9. С. 685-689.
19. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., А.Абдуллаев. Изменение суточной концентрации озона в атмосфере г. Душанбе // Вестник Таджикского национального университета. 2011, № 8 (72). С. 28-36.
20. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А., и др. Дневные вариации радиационных характеристик и температуры воздуха в окрестностях г. Душанбе // Вестник Таджикского технического университета. 2011. №2. С. 8-14.
21. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Абдуллаев А., и др. Изменение концентрации углекислого газа в атмосфере города Душанбе // Вестник Таджикского технического университета. 2011. №3(15). С. 9-15.
22. Абдуллаев С.Ф., Абдурасулова Н.А., Назаров Б.И., и др. Распределение природной и техногенной радиоактивности на образцах пыльной мглы юга Таджикистана // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2011. Т.54. №9. С. 746-753.
23. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А., и др. Взаимосвязь изменения температуры воздуха и оптической толщины аридного аэрозоля по данным АЭРОНЕТ // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2011. Т.54. №12. С.984-990.
24. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Салихов Т.Х., и др. Корреляции температуры приземной атмосферы и оптической толщины аридного аэрозоля по данным АЭРОНЕТ // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25. №5. С. 428-433.
25. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А. Исследование проб пылевого аэрозоля и почв методом лазерной флуориметрии // Оптика атмосферы и океана. 2012. Т. 25., №7., С. 644-649.
26. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Абдурасулова Н.А., и др. «Вариации содержания CO₂ в приземном слое воздуха в аридной и высокогорной зоне Таджикистана» Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук, 2012, №3 (148), С. 57-63.
27. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Абдурасулова Н.А., и др. Вариации содержания приземного озона в Таджикистане // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. 2013. Т. 56. №6 . С. 458-464.
28. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Курбонов Н.Б., и др. Мониторинг атмосферной радиации в г. Душанбе с помощью наземного измерительного комплекса // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2013. №2(150). С. 320-326.
29. Абдуллаев С.Ф., Шукуров Т., Марупов Р., и др. Исследование проб почв и пылевого аэрозоля методом ИК - спектроскопии // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 02. С. 166-171.
30. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А., и др. Распределение природной и техногенной радиоактивности в образцах почвы и пылевой мглы юга Таджикистана // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 03. С. 187-193.
31. Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Курбонов Н.Б., и др. Вариации аэрозольной оптической толщи атмосферы в Душанбе по данным АЭРОНЕТ // Вестник Таджикского национального университета. 2013, № 1/1 (102). С.86-93

32. **Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Курбонов Н.Б., и др.** Вариации статистических параметров аэрозольной оптической толщи атмосферы в Душанбе // Вестник Таджикского технического университета. 2013. №5(16). С. 9-15.

33. **Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И.,** Исследование пылевой мглы аридной зоны // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2013. Т.49. №3. С. 304-313.

34. **Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., и др.** «Динамика распределения элементов и изотопов в образцах почвы и пыльной мглы юга Таджикистана» // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26, № 06. С. 187-193.

35. **Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Курбонов Н.Б., и др.** Микрофизические и радиационные характеристики аэрозоля в атмосфере Душанбе по данным АЭРОНЕТ // Вестник Таджикского технического университета. 2013. №5 (16). С. 16-22.

36. **Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., и др.** Динамика распределения тяжелых металлов и радиоактивных изотопов в образцах почвы и пылевого аэрозоля юга Таджикистана// Оптика атмосферы и океана 2014. Т. 27, № 03. С. 207-214.

37. **Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., и др.** Результаты исследований содержания водяного пара в атмосфере аридной зоны // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2014. .50. №2. С. 205-214.

38. **Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., Салихов Т.Х.** Вариации параметров аэрозольной оптической толщи в Душанбе // Известия РАН. Физика атмосферы и океана 2014.Т.50.№3.С.1-4.

39. **Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., и др.** Миграция элементов в образцах почв юга Таджикистана// Вопросы радиационной безопасности (в печати)

Статьи в книгах и сборниках:

40. **Golitsyn G.S. Shukurov A.Kh., Abdullaev S.F., Nazarov B.I** On the surface are cooling due too dust atmospheric turbidity //in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. St.Petersburg. Hydrometeoizdat 1993. P. 67-78.

41. **Shukurov A.Kh., Nazarov B.I., Abdullaev S.F., Pirogov S.V.** On optical depth ratios of dust aerosol in visible and infrared spectra regions //in Joint Soviet-American experiment on arid aerosol. 1993. P.83-88.

42. **Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф.** Пыльные бури в Таджикистане //в сб. «Этюды по физике в Таджикистане» Душанбе. 1999. С.18-25.

43. **Абдуллаев С.Ф.** Влияние глобального изменения климата и меры по адаптации к климатическим изменениям // в кн: “Природа и мы: Вопросы экологически безопасного развития Таджикистана». Душанбе. 2009. С.155-184.

44. **Абдуллаев С.Ф., Джураев А.А., Назаров Б.И., и др.** Элементный и изотопный состав образцов почв и пыльной мглы юга Таджикистана // Ядерная физика в Академии наук Республики Таджикистан. Под общей редакцией Д.А.Абдушукурова и И.Бободжанова. Душанбе. Изд. ООО «Эр-граф». 2013.ISNB 978-99947-988-2-7.С. 329-335.

Статьи в материалах конференций и симпозиумах:

45. *Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Saliev M.A.* Laser fluorimetry of dust aerosol // in Atomic Energy Organization of Iran Laser conference. Tehran. 1993. P. 24-27.
46. *Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Saliev M.A.* Laser smoke-meter (LS-1) for measuring of diesel engine exhaust // in Atomic Energy Organization of Iran Laser conference. Tehran. 1993. P. 29-33.
47. *Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И. Шукуров А.Х.* Исследование оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля и проб почв // Тезисы докладов Российской аэрозольной конференции (РАК). Москва. 1993. С. 34.
48. *Назаров Б.И., Салиев М.А., Абдуллаев С.Ф.* Многокаскадный импактор с однородным осаждением аэрозольных проб на плоскости импакции // Материалы и тезисы докладов I- международной конференции по «Новые материалы и приборы» Ташкент. 1994. С. 195.
49. *Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Shukurov A.Kh.* The investigation of optical and microphysical characteristics of dust aerosol and samples of soil // International Aerosol Symposium. Moscow. 1994. P. 34-36.
50. *Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И.* Оценка возможности дистанционной диагностики РОВ пылевого аэрозоля метом лазерной флуориметрии // Материалы научной сессии «С. У. Умаров и развитие физических наук в Таджикистане» посв. 90-летию С.У.Умарова. Душанбе. 1998. С. 107-111.
51. *Nazarov B.I., Abdullaev S.F.* Ozon.Aerosol und Klima. Moderne Physikalische Analyseverfahren in Geosciences in High Asia // Proceedings of the International Symposium anlässlich des 70 Jahrestag des sowjetisch-deutschen Expedition im Jahre 1928 in den Pamir zu studieren. Bayreuth 1999. P. 199-204.
52. *Nazarov B.I., Abdullaev S.F.* Die Aerosolvermutzung der Atmosphäre und der Schmerhythmus der cleischer in Pamir // Proceedings of the International Symposium anlässlich des 70 Jahrestag des sowjetisch-deutschen Expedition im Jahre 1928 in den Pamir zu studieren. Bayreuth 1999. P. 205-208.
53. *Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Мадвалиев У.* Интерпретация сезонных колебаний и широтного распределения суммарного озона в атмосфере // Материалы Международной конференции по «Физике конденсированных систем» Душанбе. 2001. С. 85-86.
54. *Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И.,* Аэрозольное загрязнения водных сред в результате пылевых бурь (пылевой мглы) // Тезисы докладов международной конференции «Современные состояние водных ресурсов Центральной Азии-проблемы и перспективы рационального использования». Душанбе. 2003. С. 24-28.
55. *Назаров Б.И., Салихов Д.К., Шарифов Д.М., Абдуллаев С.Ф.* К теории движения атмосферных частиц в аэродинамической трубе // XII Международный объединенный симпозиум «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы» Томск. 2005. С. 28-31.
56. *Назаров Б.И., Мадвалиев У., Шарифов Д.М., Абдуллаев С.Ф.* Влияния аэрозоля на изменение климата // XIII й Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы". Томск. 2006. С. 25-27.
57. *Nazarov B.I., Salikhov D.K., Sharifov D.M., Abdullaev S.F., et al.* The description of moving of atmospheric particles in the near earth layer // Russian-Canadian Workshop Modeling atmospheric dispersion of weapons agents Programmer and abstracts. 2006. P. 137-139.

58. Шарифов Д.М., Абдуллаев С.Ф. Лазерный оптико-акустический мониторинг загрязняющих атмосферу газов и аэрозольных частиц // Международная конференция «Экологическая безопасность урбанизированных территорий в условиях устойчивого развития». Астана. 2006. С. 129.

59. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А., и др. Глобальное изменение климата в условиях аридной и высокогорной зон Таджикистана и меры по адаптации к климатическим изменениям // Материалы международного совещания экспертов по экологии 2008. Москва. С. 49-53.

60. Nazarov B.I., Abdullaev S.F., Aerosol pollution of the atmosphere as a result of dust storms (dust haze) in arid zone of Tajikistan // The 3-rd International Workshop DUST-2008. Leipzig. Germany. Poster Presentation N6-12.

61. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Салихов Т.Х., и др. Оптические характеристики пылевой мглы в период 23-25 августа 2010г в г.Душанбе // Международная конференция «Проблемы современной физики». 2010. Душанбе. С.34-40.

62. Abdullaev A., Karimov Kh. H., Abdullaev S. F., et al. Impact of climate change on the physiological - biochemical processes and yield of wheat // Climate change and dms Technology Workshop. 2010. Malaysia. P.176.

63. Abdullaev A., Karimov Kh. H., Abdullaev S. F., et al. Impact climate change on yield and biochemical composition of wheat seeds // Proceeding XVII-th Congress of the Federation of European Societies of plant Biology. 2010. Valencia. Spain. 2010. P. 169.

64. Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Abdullaev A., et.al. Study of the greenhouse gases (CO₂, O₃) concentrations in arid and high-mountain regions of Tajikistan // Proceeding Book of XVII-th International Energy and Environment Fair and Conference. Istanbul. 2011. P.275-276.

65. Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Madvaliev U., et.al. Climate change in condition of arid and of high mountain regions of Tajikistan // Proceeding Book of XVII-th International Energy and Environment Fair and Conference. Istanbul. 2011. P.277-278.

66. Абдуллаев С.Ф., Абдуллаев А., Маслов В.А. О концентрации углекислого газа аридной и высокогорной зоне Таджикистана // 17-й Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы". Томск. 2011. С15. С.53-56.

67. Абдуллаев С.Ф., Абдуллаев А., Маслов В.А. О концентрации озона в атмосфере аридной и высокогорной зоне Таджикистана // Там же. С12. С.41-44.

68. Абдуллаев С.Ф., Шукуров Т., Марупов Р. Исследование пылевого аэрозоля методом ИК спектроскопии // Там же. С16. С. 57-60.

69. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А. Распределение природной и техногенной радиоактивности на образцах почвы и пыльной мглы юга Таджикистана // Там же. С14.С.49-52.

70. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А. Изучение пылевого аэрозоля методом лазерной флуориметрии // Там же. С13., С.45-48.

71. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Маслов В.А. О взаимосвязи температуры воздуха и оптической толщины аридного аэрозоля по данным AERONET // Там же. С11., С. 37-40.

72. Абдуллаев С.Ф., Абдуллаев А., Маслов В.А., и др., Изменение концентрации углекислого газа в аридной и высокогорной зоны Таджикистана //Международная конференция «Стимулирование потенциала общества науки и

НПО к сохранению биоразнообразия и охраны окружающей среды». Душанбе. 2011., С.123.

73. *Abdullaev S.F., Nazarov B.I., Madvaliev U., Maslov V.A.*, Optical and microphysical characteristics of dust haze under arid zone conditions in Tajikistan //14th ISTC Scientific Advisory Committee Seminar “Developing Innovation and Technology Transfer in a Global Security Environment” Almaty. 2011. P. 46-48.

74. *Абдуллаев С.Ф., Шукуров Т, Марупов Р.* Исследование пылевого аэрозоля методом ИК - спектроскопии // Материалы V- международной научно-практической конференции «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ». Душанбе. 2011. С. 97-103.

75. *Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Салихов Т.Х., и др.*, Исследование оптических и микрофизических характеристик пылевого аэрозоля в период пылевых выносов в Таджикистане //Материалы Международной конференции «современные вопросы молекулярной спектроскопии конденсированных сред» посвященной 50-летию кафедры оптики спектроскопии. Душанбе. 2011. С.210-213.

76. *Abdullaev S.F., Frank Wagner., Philippe Goloub., et al.*, Investigation of aerosol pollution atmosphere on result of the dust storms (dust haze) and its influence on climate change under of ISTC project T-1688 // Proceeding Book of International Conference “Influence of global climate change on the ecosystem of arid and high mountain zone of Central Asia” Dushanbe. 2012. P.201-204.

77. *Абдуллаев С.Ф., Абдуллаев А., Усманов Т.П., Маслов В.А.* Изменение метеорологических параметров атмосферы и теплиц при вариации концентрации CO₂ и O₃ // Материалы международной конференции "Влияние глобального изменения климата на экосистему аридной и высокогорной зоны Центральной Азии" Душанбе. 2012. С. 230-234.

78. *Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И.* Изменение содержания озона в приземном слое атмосферы аридной и высокогорной зоны Таджикистана // Семинар – совещание «Проблемы мониторинга приземного (тропосферного) озона и нейтрализации его влияния» Таруса 6-8 июня 2012 <http://www.ioa-rhms.ru/oom/>

79. *Абдуллаев С. Ф., Маслов В.А., Назаров Б. И.* Исследование пылевой мглы аридной зоны Центральной Азии //Восьмая международная конференция НИИФ им. В.А. Фока СПбГУ «Естественные и антропогенные аэрозоли» Санкт-Петербург, 5-7 октябрь 2012.

80. *Абдуллаев С.Ф., Абдурасулова Н.А., Маслов В.А., и др.*, Исследование изотопного состава пыльной мглы юга Таджикистана // Материалы международного семинара "Урановое наследие Советского Союза Центральной Азии: проблемы и решения" Душанбе. 20-22 ноября 2012. С. 95-98.

81. *Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И., и др.* Изотопный анализ почв юга Таджикистана и территории алюминиевого завода (ТАЛКО) // Материалы международной конференции по физике конденсированных сред посвященной 85-летию академика А. А. Адхамова. г. Душанбе, 17-18 октября 2013г. Изд-во «Дониш». С. 181-184.

82. *Абдуллаев С.Ф., Шукуров Т., Назаров Б.И.,* Исследование состава проб почвы и пыльной мглы, отобранных в окрестности алюминиевого завода Таджикистана методом ИК – спектроскопии // Там же. С. 184-187.

83. *Абдуллаев С.Ф., Маслов В.А., Назаров Б.И.* Вариации параметров пылевого аэрозоля в Душанбе по данным AERONET // Там же. С. 187-193.

Депонированные статьи

84. Назаров Б.И., Салиев М.А., Абдуллаев С.Ф. Многокаскадный импактор с однородным осаждением аэрозольных проб на плоскости импакции // Изв. АН Тадж ССР. отд. Физ – мат - хим и геол.наук. Душанбе.1987. Деп. в. ВИНТИ 1987. Т7077-В87. 17 с.

85. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Аникин П.П., Жураев А.М., Расчет спектральной оптической толщины и альбедо однократного рассеяния пылевого аэрозоля. Деп.НПИЦентр.вып.1.2000. №18(1326).10 с.

86. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Раджабов Х.Ф., Жураев А.М. Некоторые особенности спектров пропускания атмосферного аэрозоля в период прохождения «афганца» в Таджикистане Деп. в НПИЦентре. Вып.1. 2000. №20(1328).14 с.

87. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Ашуров А.М., Жураев А.М. Исследование проб пылевого аэрозоля и образцов почв фотоакустическим методом Деп в НПИЦентре-вып.1. 2000. №19(137).10 с.

88. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Аридный аэрозоль: Загрязнения, микроструктура и оптические свойства (обзор). Деп. в НПИЦентре вып 01. 2002 №34(1468). 26 с.

89. Абдуллаев С.Ф., Назаров Б.И., Озон. Общее содержания озона в вертикальном столбе атмосферы. Деп. в НПИЦентре вып 01. 2002 №33(1467). 16 с.

90. Шарифов Д.М., Мадвалиев У., Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Лазерная фотоакустическая спектроскопия конденсированных сред. Рус Деп.в НПИЦентр 2010. №04(1835) 16 с.

91. Шарифов Д.М., Мадвалиев У., Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Применения метода лазерной оптоакустической спектроскопии для обнаружения малых газовых примесей в атмосфере. Рус Деп. в НПИЦентр 2010.№05(1836). 21 с

92. Назаров Б.И., Абдуллаев С.Ф., Мадвалиев У., Маслов В.А. Некоторые аспекты глобального изменения климата в аридной и высокогорной зоне юго-восточной части Центральной Азии. Деп. в НПИЦентр. 2010. №06(1837) 26с

Изобретение по теме диссертации:

93. Патент № ТЈ 474. МПК (2011.01) G 01 N 33/24. Способ определения источника образования пылевых бурь // Абдуллаев С.Ф., Шукуров Т.

Абдуллаев Сабур Фузайлович