

2008-35

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ им. М.М. АДЫШЕВА
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ГОРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ им. У. АСАНАЛИЕВА

На правах рукописи
УДК 502.6:796.5

Зыскова Элина Юрьевна

**ТРАНСГРАНИЧНЫЙ ПЕРЕНОС
АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
В АТМОСФЕРЕ НА ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТЯНЬ-ШАНЬ**

25.00.36 – Геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Бишкек-2008

Работа выполнена в Кыргызско-Российском Славянском университете.

Научный руководитель:	доктор физико-математических наук, профессор Чен Борис Борисович
Официальные оппоненты:	доктор географических наук, профессор Эргешов Абжапар Абдыразакович кандидат географических наук, доцент Аламанов Саламат Кулембекович
Ведущая организация:	кафедра географии и геоэкологии Кыргызского Государственного университета им. И. Арабаева

Защита состоится «11» апреля 2008 года в 13.00 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 25.07.343 при Институте геологии НАН КР имени М.М. Адышева и Институте горного дела и горных технологий КГТУ по адресу: 720481, г. Бишкек, бульвар Эркиндик, 30.

Тел.: +996 312 664737 Факс: +996 682588

E-mail: geol@istc.kg

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института геологии НАН КР по адресу: 720481, г. Бишкек, бульвар Эркиндик, 30.

Автореферат разослан « 6 » марта 2008 г.

Решением диссертационного совета от 21 декабря 2007 г. протокол № 15 диссертация принята к защите и разрешается печатание автореферата.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
кандидат геогр. наук



Б.У. Абылмейзова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Трансграничный перенос аэрозольного загрязнения в атмосфере является одним из наиболее важных факторов, влияющих на изменение окружающей среды, особенно в Центрально-азиатской экосистеме, где преобладают выносы естественного аэрозоля с опустыненных территорий в различные слои атмосферы. Для выявления источников генерации аэрозоля и условий его переноса в настоящее время большое распространение получили различные методы анализа обратных и прямых траекторий аэрозоля. Установив тип траектории переноса аэрозоля, можно определить не только источники загрязнения атмосферы, но и отличительные оптико-микрофизические свойства аэрозоля. Решение подобных задач имеет очень большое значение при исследовании радиационного режима атмосферы и подстилающей поверхности, гидрологического цикла, в том числе состояния ледников, и в целом геоэкологии региона.

Современные возможности исследования трансграничного переноса загрязняющих веществ с использованием новейших технологий, в том числе данных лазерного зондирования атмосферы, позволяют рассматривать вышеуказанную проблему более глубоко, с учетом динамики развития циркуляции атмосферы и в сопоставлении с региональными особенностями экосистем.

Актуальность темы диссертационной работы определяется и тем, что при недостаточной изученности вопроса загрязнения атмосферы и ландшафтов Центральной Азии выявление особенностей циркуляционных процессов позволит определить метеорологические и физические условия формирования и переноса в рассматриваемый регион загрязненных аэрозолем воздушных масс и их влияние на различные экосистемы Тянь-Шаня. Основные результаты работы можно использовать при рассмотрении вопросов нормирования выбросов промышленных объектов, исследовании нагрузок на отдельные компоненты природной среды, а также при разработке природоохранных мероприятий, особенно по защите от загрязнения высокогорных гляциально-нивальных ландшафтов.

Результаты работы найдут не только научное, но и прикладное применение в региональных исследованиях в области экологии, климатологии, метеорологии, а также при идентификации и прогнозировании оптической погоды над исследуемым регионом.

Связь темы диссертации с крупными научными программами. Исследования по теме диссертации проведены по плану научно-исследовательских работ (НИР) Кыргызско-Российского Славянского

университета (КРСУ) и в рамках выполнения проекта Международного научно-технологического центра (МНТЦ) #KR-310 (2001-2004 гг.), а также проекта МНТЦ #B-1063, выполняемого в настоящее время (2004-2007 гг.), по программе Международной лидарной сети CIS-LiNET, в состав которой входит и Лидарная Станция «Теплоключенка» (ЛСТ) КРСУ.

Цель и задачи исследования. Цель работы – на основе комплексного анализа трансграничного переноса аэрозольного загрязнения выявить основные источники загрязнения атмосферы и классифицировать их с учетом оптико-микрофизических характеристик аэрозоля, а также оценить возможное загрязнение геосистем Центрального Тянь-Шаня.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи исследований:

- рассчитать обратные и прямые траектории переноса аэрозольного загрязнения на Центральный Тянь-Шань;
- на основе траекторного анализа провести классификацию источников аэрозольного загрязнения;
- на основе траекторного анализа переноса аэрозоля и экспериментальных данных лидарного зондирования атмосферы выявить связи между характеристиками аэрозоля и условиями его переноса от источников загрязнения различными воздушными массами;
- провести расчеты аэрозольных массовых нагрузок на геосистемы Центрального Тянь-Шаня в зависимости от источника загрязнения и синоптических условий.

Научная новизна полученных результатов:

- Впервые на основе траекторного анализа выявлены и классифицированы основные источники аэрозольного загрязнения Центрального Тянь-Шаня.
- Впервые выявлены связи между источниками загрязнения, условиями переноса от них аэрозоля на геосистемы Центрального Тянь-Шаня и экспериментально полученными лидарным методом оптическими и микрофизическими характеристиками аэрозоля.
- Впервые на основе результатов траекторного анализа и экспериментальных лидарных данных рассчитаны аэрозольные массовые нагрузки на геосистемы Тянь-Шаня в зависимости от источника загрязнения и синоптических условий переноса аэрозольного загрязнения.

Практическая значимость полученных результатов работы заключается в следующем:

- Классификация основных источников аэрозольного загрязнения атмосферы над Центральным Тянь-Шанем может быть применима к исследованию и других геосистем Центральной Азии для решения различных прикладных задач и, в частности, при построении региональной оптической модели аэрозоля.
- Установленные взаимосвязи между источниками загрязнения воздушных масс и характеристиками аэрозоля при различных синоптических условиях могут быть использованы для разработки прогноза как экологической, так и оптической погоды атмосферы над Центральным Тянь-Шанем.
- Полученные результаты расчетов аэрозольных массовых нагрузок можно использовать при решении актуальной проблемы влияния аэрозоля на состояние окружающей среды, в том числе на радиационный режим атмосферы и подстилающей поверхности, гидрологический цикл, а также на экологическое состояние ледников.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Классификация основных источников аэрозольного загрязнения Центрального Тянь-Шаня, полученная на основе траекторного анализа трансграничного переноса аэрозоля с учетом орографических особенностей и циркуляционных условий в атмосфере: *I* - Южная Азия; *II* - Ближний Восток; *III* - Бассейн Аральского моря; *IV* - Западная Сибирь, Восточный Казахстан и 5 типов траекторий дальнейшего переноса аэрозоля.
2. Взаимосвязи между источниками загрязнения воздушных масс, переносящих аэрозоль на Центральный Тянь-Шань, и оптико-микрофизическими характеристиками аэрозоля, рассчитанных по экспериментальным лидарным данным, которые позволили определить уровень загрязненности различных слоев атмосферы в зависимости от вида и особенностей аэрозоля.
3. Аэрозольная массовая нагрузка, которая определила степень влияния аэрозольного загрязнения на экологическое состояние атмосферы и дифференцирования его по высотным и, соответственно, ландшафтным зонам Центрального Тянь-Шаня, оценивается в слое 1–3 км в пределах $36 \pm 57 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{сут}$; в слое 3–5 км нагрузки в два раза меньше ($17 \pm 20 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{сут}$, с Казахстана – $29 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{сут}$); суммарная нагрузка в слое 1–5 км от всех источников загрязнения составляет около 100 т/км^2 в год.

Личный вклад соискателя заключается в обработке данных, обобщении, систематизации и анализе результатов измерений; уточнении методологии траекторного анализа, учитывающей перенос аэрозоля при различных макро- и мезоциркуляционных условиях над географическим регионом со сложной орографией; оценке массовых нагрузок аэрозольного загрязнения; выявлении и анализе случаев аномально высокого загрязнения атмосферы и ландшафтов Центрального Тянь-Шаня. Все основные научные результаты получены автором лично.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований представлялись, докладывались и обсуждались на научных семинарах, конференциях КРСУ, на XII Международном объединенном симпозиуме «Оптика Атмосферы и Океана. Физика Атмосферы» (Томск, 2005), на III Международном Симпозиуме «Геодинамика и геоэкология высокогорных регионов в XXI веке» (Бишкек, 2005).

Опубликованность результатов. По теме диссертационной работы автором лично и в соавторстве опубликовано 11 научных работ, 2 из них в монографиях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложенных на 153 страницах, машинописного текста, содержит 12 таблиц, 53 рисунка и список литературы из 123 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во ВВЕДЕНИИ обосновывается актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследований, научная новизна, практическая значимость и выносимые на защиту положения.

В ГЛАВЕ 1 приводится обзор современных литературных данных, характеризующих влияние атмосферного аэрозоля на перенос солнечной радиации, которая обуславливает появление различных эффектов на геоэкологию ландшафтов. Рассмотрены применяемые в разных странах методики исследований траекторного анализа переноса аэрозоля и их особенности, а также методики расчета оптических и микрофизических характеристик аэрозоля по данным лидарного зондирования атмосферы. Приведены результаты измерения этих характеристик в разных регионах на различных уровнях атмосферы, дано обоснование выбора методик исследований для достижения поставленной в работе цели исследования. Показано, что наиболее приемлемым методом построения обратных и прямых траекторий является гибридная лагранжевая модель интегрированной траектории одиночной частицы HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Integrated Trajectory Model), которая в настоящее время при-

меняется исследователями большинства стран мира при анализе лидарных измерений и удовлетворяет требованиям для достижения цели исследований. В этой модели для расчетов и анализа траекторий используются фактические и прогностические расчетные данные National Weather Service's National Centers for Environmental Prediction (NCEP) метеорологического архива National Oceanic and Atmospheric Administration USA (государственное управление по исследованиям океана и атмосферы США) NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration - Национальной администрации по океану и атмосфере) в формате ARL (Air Resources Laboratory – лаборатория по атмосферным ресурсам).

Для орографически неоднородного Центральноазиатского региона, где сочетаются абсолютно разные геосистемы и ландшафты: от огромных пустынных пространств до мощных горных массивов, способствующих поднятию загрязняющих частиц на значительные высоты, применение известных методик расчета обратных траекторий требует некоторой корректировки. В нашем случае необходимо рассматривать не только горизонтальное, но и вертикальное перемещение частиц над Землей, так как в горных районах большое значение имеет вынос аэрозольных частиц в средние и верхние слои тропосферы, что создает угрозу ускоренного таяния снежников и ледников на высокогорных хребтах Кыргызстана и всего Центральноазиатского горного массива. Важно учитывать метеорологическую ситуацию и термодинамические свойства воздушных масс, а также оптические и микрофизические характеристики аэрозоля, поступающего на Центральный Тянь-Шань.

Для анализа и количественной оценки оптических и микрофизических характеристик аэрозоля на различных высотах был использован статистический метод обработки результатов экспериментальных измерений, выполненных с помощью многоволнового локатора лидарной станции «Теплоключенка» (ЛСТ) Кыргызско-Российского Славянского университета (КРСУ). Полученные результаты сопоставимы с известными теоретическими и экспериментальными данными многих ученых различных стран.

Время пребывания аэрозольных частиц в атмосфере зависит от множества условий и вследствие неоднородности источников загрязнения аэрозоли распределяются в тропосфере неравномерно, при этом их максимальное количество остается около источников. Достаточным интервалом для учета времени существования в атмосфере легких примесей, перенос которых представляет интерес для конкретного исследования и позволяет учесть различные скорости переноса и трансформационные изменения загрязненных воздушных масс, определен период в 4 суток.

В ГЛАВЕ 2 впервые приведена классификация типов траекторий переноса аэрозольных загрязнений от различных источников на Центральный Тянь-Шань и далее на основании статистической обработки и анализа обратных (откуда) и прямых (куда) траекторий переноса аэрозольного загрязнения. Было построено и проанализировано за 2002-2005 гг по 1095 ежедневных (за 4 суток – 4D) обратных и прямых траекторий для каждого уровня 500, 1500 и 3500 м.

Из всего многообразия построенных и проанализированных обратных траекторий были выявлены два основных признака их классификации: 1) по типам воздушных масс (ВМ) и 2) по источникам аэрозольного загрязнения. В качестве дополнительных признаков рассматривались формы атмосферной циркуляции (синоптические объекты) и период года.

Анализ поступающих на Центральный Тянь-Шань воздушных масс по географической классификации показал, что наибольшую повторяемость в среднем за год имеет ВМ умеренных широт (65%), тропическая ВМ приходит в 31% случаев, арктический воздух поступает крайне редко (4% случаев). В холодное и теплое полугодия наибольшую повторяемость также имеет воздух умеренных широт (59 и 72% соответственно). По сезонам распределение повторяемости типов ВМ несколько иное. Весной вероятность ВМ умеренных широт максимальна – 71%, летом минимальна – 59% случаев. Повторяемость тропической ВМ наоборот, летом максимальна – 40%, весной минимальна – 21% случаев за сезон. Арктическая ВМ зимой составляет 6%, летом всего 1% случаев.

Термическая классификация воздушных масс над исследуемым районом выявила, что холодная ВМ приходит с западных, северо-западных и северных районов в среднем в 53% случаев. Теплая ВМ поступает в 47% случаев, ее траектории проходят над более южными районами, как правило, между 25–45°с.ш. и приносят на территорию региона на теплую, загрязненную преимущественно аэрозолем естественного происхождения, массу. В летнее время это чаще (61% случаев) тропический воздух, сформировавшийся над Среднеазиатскими пустынями. Зимой и осенью 61% соответствует уже холодной ВМ, при этом содержание аэрозоля естественного происхождения понижено и существенно увеличивается вклад антропогенных аэрозолей (открытые разработки месторождений полезных ископаемых, промышленные центры, автотранспорт и т.п.). Весной, когда под мощными потоками высотной фронтальной зоны выносятся воздух с Ближнего Востока, Средиземноморья, поступление к Тянь-Шаню теплого или холодного воздуха почти равновероятно.

По *обратным траекториям* (ОТ) выделены следующие основные источники загрязнения воздушных масс, которые относятся к физико-географическим областям и характеризуют не только очаги их первоначального формирования, но и изменение их свойств в результате трансграничного переноса. К ним отнесены (рис. 1):

Тип I. Южная Азия (Центральноазиатский горный массив, пустыня Такла-Макан);

Тип II. Ближний Восток (пустыни Ливии, Аравии, Иранского нагорья);

Тип III. Бассейн Аральского моря (Западный Казахстан, пустыни Каракумы, Кызылкум);

Тип IV. Западная Сибирь, Восточный Казахстан (Казахский мелкосопочник, пустыни Бетпак-Дала, Мойынкум, Таукум).

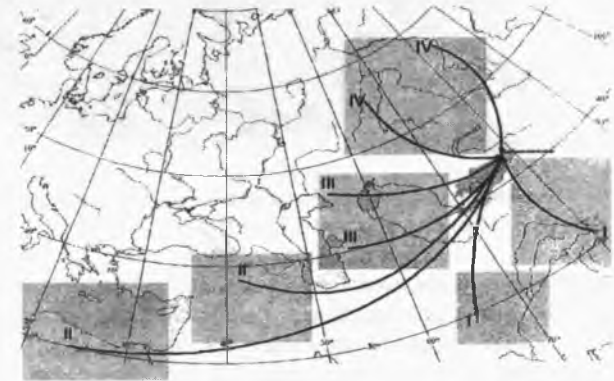


Рис. 1. Схема переноса аэрозольного загрязнения от различных источников на Центральный Тянь-Шань.

Проведена также классификация *прямых траекторий* (ПТ) перемещения воздушного потока от Тянь-Шаня (рис. 2):

Тип 1. Северные направления. Степи и пустыни Казахстана (Казахский мелкосопочник, пустыни Прибалхашья, Бетпак-Дала, Мойынкум);

Тип 2. Северо-восточные направления. Горные массивы юга Сибири, Монголии (Алтай, Саяны), пустыни на северо-западе Китая;

Тип 3. Преимущественно восточные направления с малыми скоростями. Горная система Тянь-Шань;

Тип 4. Восточные направления со средними и большими скоростями. Пустыни северного Китая и юга Монголии (Гоби, Алашань);

Тип 5. Южные и юго-восточные направления. Пустыня Такла-Макан, горные массивы Центральной Азии (Тибет, Гималаи, Каракорум).

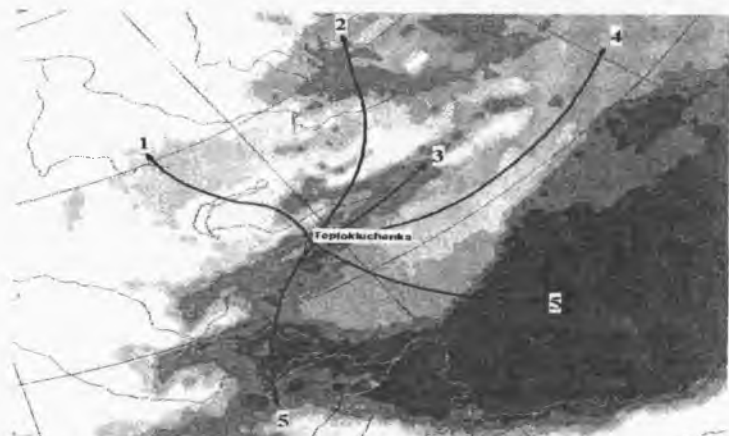


Рис. 2. Прямые траектории переноса аэрозольного загрязнения от Центрального Тянь-Шаня.

Установлено, что *дальний перенос* основных аэрозольных загрязнений на Тянь-Шань осуществляется в средних слоях тропосферы, а так как высота горных массивов достигает 4-7 км, то все статистические оценки проводились по траекториям, рассчитанным на уровне 3500 м над поверхностью Земли (рис. 3).

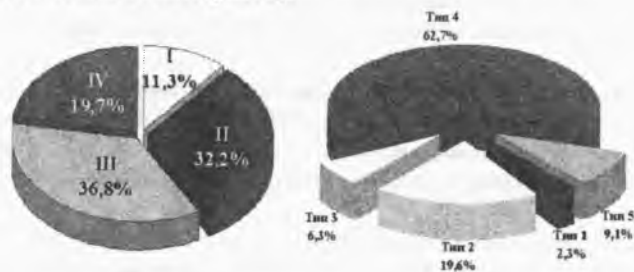


Рис. 3. Повторяемость обратных (слева) и прямых (справа) траекторий в зависимости от источников загрязнения и типов воздушных масс на уровне 3500 м над поверхностью Земли.

При этом необходимо отметить, что при дальнем переносе аэрозоль оказывает большое влияние на загрязнение высокочувствительных огромных по площади гляциально-нивалых ландшафтов. Устойчивое сокращение оледенения, отмечаемое на Тянь-Шане, происходит за счет изменения климатических условий, а также увеличения содержания аэрозоля в воздухе и осадения его на ледники, что в свою очередь, способствует увеличению поглотительной и снижению отражательной способности и, следовательно, приводит к более интенсивному таянию ледников.

Расчеты показали, что основной дальний перенос (69%) аэрозольного загрязнения на Тянь-Шань осуществляется с западных и юго-западных пустынных районов Аральского бассейна и Ближнего Востока, пятая часть траекторий приходит с северных районов, с территории пустынных степей Казахстана.

Далее перенос аэрозоля осуществляется преимущественно (62,7%) на восток, часть его осаждается на ледники и снежники Тянь-Шаня, часть уносится через Восточный Китайский Тянь-Шань на пустыни Гоби, Алашань по северному Китаю и далее (тип 4).

Для анализа переноса аэрозольного загрязнения от каждого источника рассчитаны и установлены вероятности основных переходов обратных траекторий в прямые, которые и приведены на рис. 4.

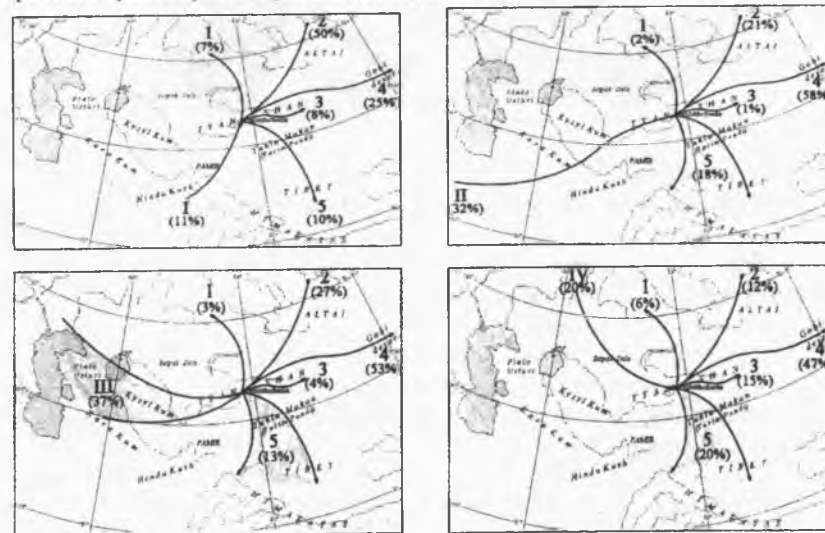


Рис. 4. Основные переходы обратных траекторий от источника аэрозольного загрязнения в прямые на уровне 3500 м над поверхностью Земли.

Региональный перенос аэрозоля. В пограничном слое скорости перемещения значительно меньше, чем в свободной атмосфере, поэтому за 4 суток воздушная масса преодолевает гораздо меньшие расстояния. Так, например, практически не наблюдаются траектории, которые перемещают воздушные массы с Северной Африки и Средиземного моря. На направление переноса аэрозоля также оказывают влияние орографические особенности различных ландшафтов горного рельефа и циркуляционные условия в пограничном слое атмосферы.

К верхней границе слоя (1500 м), ближе к уровню свободной атмосферы, количество южных траекторий (ОТ типа I), характеризующих преимущественно местный перенос, уменьшается на 20% (рис. 5). Перенос аэрозольного загрязнения с Ближнего Востока и Аральского бассейна (ОТ типа II и III), напротив, с высотой увеличивается в 1,97 и 1,52 раза соответственно. Наиболее часто (61,8-69,3%) аэрозоль поступает по южным и Аральским траекториям (ОТ типа I и III).

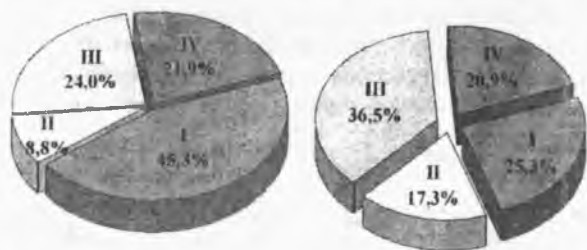


Рис. 5. Повторяемость обратных траекторий от источников загрязнения на уровне 500 м (слева) и 1500 м (справа) над поверхностью Земли.

Реже остальных (8,8-17,3%) поступает ближневосточный аэрозоль (ОТ типа II). Казахстанский аэрозоль (ОТ типа IV) наблюдается над Тянь-Шанем в 1/5 случаев (20,9-21,9%).

Среднегодовые вероятности переходов ОТ в ПТ приведены на рис. 6-7. Расчеты подтвердили, что на уровне 500 м велико влияние подстилающей поверхности, поэтому преобладающее число ПТ показывает на местный перенос ВМ (рис. 6): ПТ типа 3 составляют 42,7%. Третья часть траекторий (33,0%) уходит на Такла-Макан и иногда на высокогорные хребты Тибета или Каракорума (ПТ типа 5).

На уровне 1500 м ближе к свободной атмосфере картина существенно меняется (рис. 7). Над Тянь-Шанем (ПТ типа 3) ВМ остается в 2 раза реже (22,4%), на Такла-Макан направлено 21,8% траекторий типа 5, и резко увеличивается западный перенос аэрозоля по типу 4 на Север-

ный Китай и Южную Монголию – 34,8% (на уровне 500 м всего 7,5%). По типам 1 и 2 на Казахстан и Алтай, Саяны аэрозоль уходит довольно редко, всего в 10,4 и 6,4% случаев на 500 м и в 6,1 и 14,9% случаев на 1500 м соответственно.

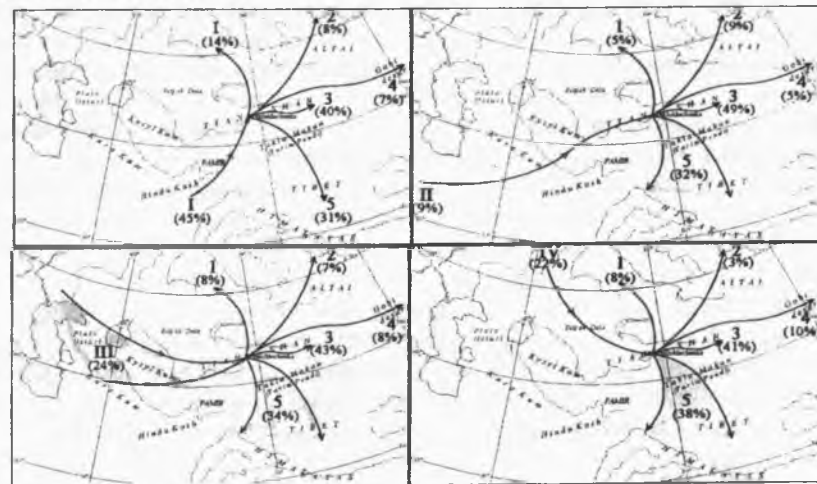


Рис. 6. Основные переходы обратных траекторий от источника аэрозольного загрязнения в прямые на уровне 500 м над поверхностью Земли.

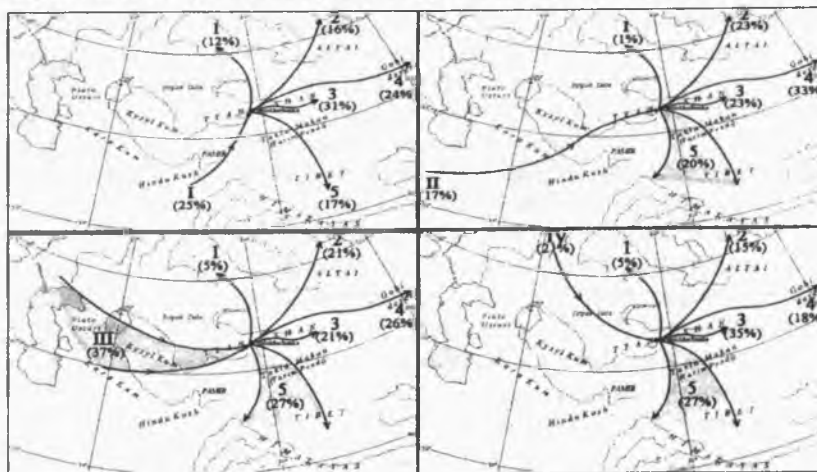


Рис. 7. Основные переходы обратных траекторий от источника аэрозольного загрязнения в прямые на уровне 1500 м над поверхностью Земли.

В ГЛАВЕ 3 проведен анализ взаимосвязей между переносом аэрозольного загрязнения с учетом принятой выше классификацией траекторий и характеристиками аэрозоля, рассчитанными по данным лидарного зондирования атмосферы.

Для анализа мезоциркуляционных условий эксперимента все процессы, наблюдающиеся над Кыргызстаном по погодным условиям, термодинамической и геофизической характеристикам ВМ были объединены в 5 групп синоптических объектов. Установлено, что по сравнению с многолетними данными в 2002-2005 гг наблюдалось значительное увеличение повторяемости процессов, сопровождающих и предшествующих холодным вторжениям воздуха на территорию Кыргызстана. Особенно это касается процессов с сильно развитой меридиональностью планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) над Восточной Европой и глубокой ложбиной на Средиземноморье, север Африки, Ближний Восток. Часто это связано с серией вторжений различных типов ВМ, когда теплый тропический воздух сменяется влажным относительно теплым тропическим, затем холодным умеренным, а иногда и арктическим воздухом. Даже в летний период перестройка атмосферных процессов осуществлялась довольно часто. Прохождение фронтов, западных циклонов при средней многолетней повторяемости 36,8% в 2002-2005 гг. наблюдалось 42,9; 50,5; 39,7, 43,8% случаев соответственно. В зимний и весенний сезоны значительно увеличилось число выходов южных циклонов (с 3,7-3,8% до 7,1-15,0% в месяц), с которыми на наши районы выносятся преимущественно тропический сильно загрязненный пылью, особенно лессовой, воздух. Такой режим циркуляции обусловил снижение в эти годы ситуаций с малоградиентным полем давления (21,8; 12,1; 16,3, 18,9% в 2002-2005 гг. соответственно при многолетней повторяемости 22,4%) и антициклоническим типом циркуляции (синобъекты группы 3), когда при средней многолетней повторяемости 28,4% в 2002-2005 гг наблюдались в 17,5, 25,1, 27,5, 23,7%.

При исследовании свойств тропосферного аэрозоля, поступающего на территорию Центрального Тянь-Шаня от различных источников загрязнения, рассмотрены следующие основные, часто применяемые на практике, характеристики аэрозоля:

- аэрозольная оптическая толщина (АОТ) $\tau_a = \alpha \Delta h$,

где α - средний коэффициент ослабления в слое Δh ;

- массовая концентрация аэрозоля

$$M = \frac{4}{3} \pi \rho \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} f(r) r^3 dr = V \rho, \text{ мкг/м}^3,$$

где

$$V = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{dV}{d \log r} d(\log r), \text{ мкм}^3/\text{см}^3,$$

ρ - удельная плотность аэрозолей, $\text{мкм}^3/\text{см}^3$; r - радиус аэрозолей, мкм ; V - объем воздуха, см^3 .

Среднегодовые их значения в зависимости от источников загрязнения аэрозоля приведены на рис. 8, откуда следует, что величины оптических и микрофизических характеристик в слое, непосредственно примыкающем к подстилающей поверхности, и в слое над ним существенно различаются между собой.

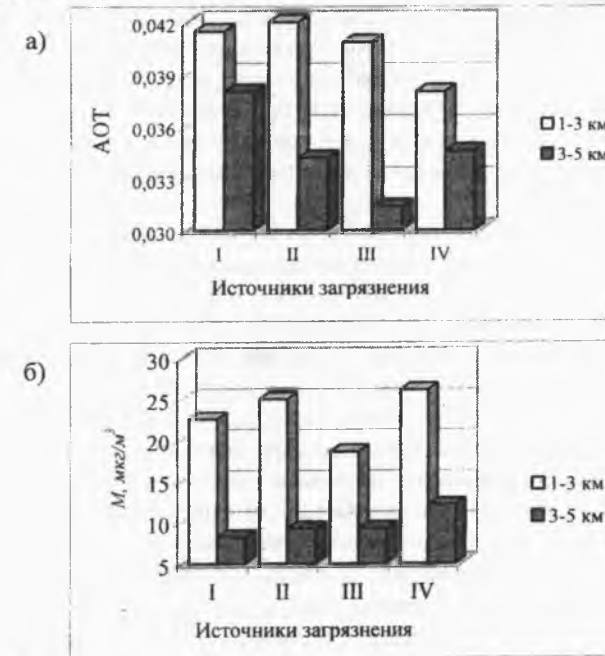


Рис. 8. Аэрозольная оптическая толщина (а) и массовая концентрация (б) аэрозоля в зависимости от источника загрязнения

Получено, что разовые значения АОТ изменялись от 0,010 до 0,820 в слое 1-3 км и от 0,008 до 0,660 в слое 3-5 км. Среднегодовые интервалы АОТ колебались в пределах $0,038 \div 0,042$ и $0,031 \div 0,043$, массовые концентрации $18,6 \div 26,1$ и $8,2 \div 12,1 \text{ мкг/м}^3$ соответственно. Установлено, что массовые концентрации M в слое 1-3 км в 2,4 раза превышают

M в слое над ним. При переносе аэрозольного загрязнения с территории Казахстана (тип IV) его массовые концентрации высоки как в слое 1–3 км, так и над ним в слое 3–5 км. Наименьшие массовые концентрации в слое наблюдались при переносе аэрозоля с территории Аральского бассейна ($18,6 \text{ мкг/м}^3$), в слое 3–5 км – с южных гор ($8,2 \text{ мкг/м}^3$). Это связано с поступлением с этих районов в основном субмикронного аэрозоля.

Несмотря на трансформационные процессы при переносе воздушных масс на Центральный Тянь-Шань, установлены соответствующие типам траекторий характеристики аэрозоля, типичные для выделенных источников загрязнения.

Так, в слое 1–3 км:

- Аэрозолю типа I с повторяемостью 25,3% наибольшие значения характеристик присущи в летний и осенний сезоны и составляют $\tau_a=0,051\pm 0,053$, $M=21,3\pm 27,0 \text{ мкг/м}^3$. Большую часть загрязнения составляет местный аэрозоль, поднимаемый горно-долинными и бризовыми ветрами, незначительную часть – сажевый аэрозоль, перетекающий через высокогорья с густонаселенных бедных районов Китая, Индии, Афганистана.

- Ближневосточный аэрозоль (тип II), поступающий, как правило, с теплыми и довольно влажными воздушными массами и состоящий преимущественно из твердых частиц почвы и пыли, переносится всего в 17,3% случаев. Максимумы $\tau_a=0,052\pm 0,053$, $M=27,0\pm 37,0 \text{ мкг/м}^3$ весной и осенью, в летнее время этот тип не встречается совсем из-за ослабления скоростей основного переноса.

- Аэрозолю с бассейна Аральского моря (тип III – 36,5%) соответствует летний максимум с характерными значениями $\tau_a=0,057\pm 0,032$, $M=19,8\pm 16,7 \text{ мкг/м}^3$. Сравнительно невысокие значения массовой концентрации свидетельствуют о преобладании тонкодисперсного аэрозоля в виде лессовой пыли и мельчайших солевых частиц.

- При переносе аэрозоля с пустынь и степей Восточного Казахстана (тип IV – 20,9%) характерные максимумы – $\tau_a=0,049\pm 0,053$, $M=38,3\pm 40,5 \text{ мкг/м}^3$ – наблюдаются весной и летом. Высокие массовые концентрации связаны с увеличением содержания в ВМ крупнодисперсного аэрозоля в виде продуктов сжигания биомассы и ископаемого топлива.

в слое 3–5 км:

- С южных высокогорных систем аэрозоль (тип I) поступает лишь в 11,3% случаев с максимальными характеристиками летом $\tau_a=0,086\pm 0,057$, $M=19,8\pm 17,3 \text{ мкг/м}^3$.

- Ближневосточному аэрозолю (тип II – 32,2%) соответствует осенний максимум $\tau_a=0,049\pm 0,038$, $M=14,1\pm 13,2 \text{ мкг/м}^3$.

- Аральский аэрозоль (тип III) имеет наибольшую повторяемость – 36,8% и максимальные значения характеристик летом $\tau_a=0,039\pm 0,031$, $M=8,9\pm 5,3 \text{ мкг/м}^3$,

- 1/5 часть воздушных масс с преобладанием аэрозоля пустынь и степей Казахстана (тип IV) несет наибольшее загрязнение атмосферы весной – $\tau_a=0,046\pm 0,098$, $M=12,18\pm 5,8 \text{ мкг/м}^3$.

Получено, что в слое 1–3 км в холодный период значения оптических и микрофизических характеристик аэрозоля значительно меньше, чем в теплый. Причем при переносе аэрозоля северными и северо-восточными ветрами с территории Казахстана эта разница наиболее существенна: в теплое полугодие АОТ в 2,5 раза, а M в 3,1 раза выше значений холодного полугодия. В слое 3–5 км годовой ход значений характеристик аэрозоля в целом аналогичен ходу в слое 1–3 км, кроме типа II (Ближний Восток), который летом наблюдается редко, а в холодный период имеет высокие значения. При поступлении на Тянь-Шань аэрозоля по траекториям типа I в теплое полугодие АОТ и M в 2 раза выше значений холодного полугодия, что можно объяснить увеличением испарения с оз. Иссык-Куль и развитием конвекции.

В ГЛАВЕ 4 рассмотрены и оценены аэрозольные массовые нагрузки в зависимости от источника загрязнения при различных циркуляционных условиях, а также выявлены основные причины возникновения над Центральным Тянь-Шанем аэрозольных образований типа Атмосферного Коричневого облака.

В этой главе рассмотрены такие характеристики аэрозоля, как конверсионный показатель $\alpha = \tau_a / M \Delta h$ [$\text{м}^2/\text{г}$] и аэрозольная массовая нагрузка $N = M \Delta h / \tau_a = 1/\alpha$ [$\text{кг}/\text{км}^2$].

Показано, что, несмотря на высокую изменчивость АОТ и M , средние значения параметра α , характеризующего тип аэрозоля, полученные нами, неплохо согласуются с литературными для типичных аэрозольных компонент. Установлено, что в пограничном слое параметр $\alpha = 1,56\pm 2,03 \text{ м}^2/\text{г}$ определяет наличие черт, свойственных морскому аэрозолю при любом источнике загрязнения. Это объясняется влиянием на характеристики аэрозоля конденсационных процессов и, в частности, из-за наличия испарения с поверхности довольно большого высокогорного оз. Иссык-Куль. Над пограничным слоем значения параметра $\alpha = 2,63\pm 2,88 \text{ м}^2/\text{г}$ характерны для тонкодисперсных континентальных и пылевых аэрозолей.

Проведенная оценка среднесуточной массовой аэрозольной нагрузки столба единичной площади на Центральный Тянь-Шань (рис. 9) показала, что наибольших значений она достигает летом и в начале осени.

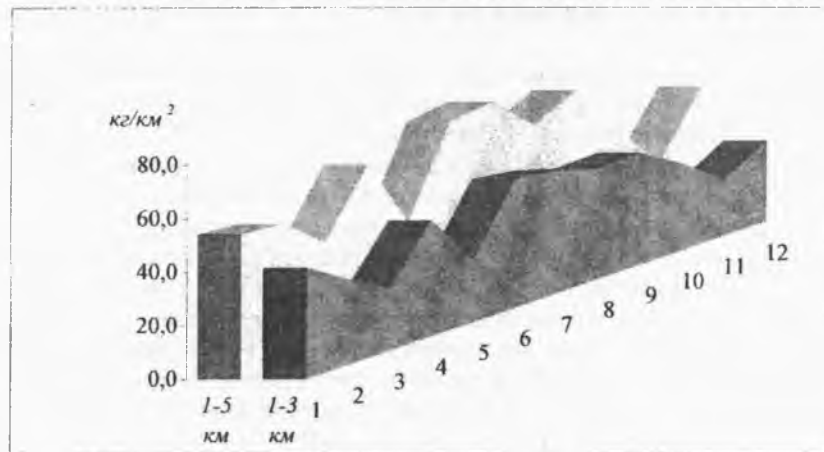


Рис. 9. Аэрозольная массовая нагрузка за сутки в различных слоях по месяцам.

В это время циркуляционные условия над Центральной Азией обусловлены господством такого центра действия атмосферы, как летняя термическая депрессия, с которой связаны пыльные бури и накопление аэрозольного загрязнения в нижних слоях тропосферы. Суммарная аэрозольная нагрузка во все сезоны и в целом за год в 2 раза больше в пограничном слое, чем в слое над ним. Особенно велики значения нагрузки летом.

Оценка среднесуточных массовых аэрозольных нагрузок по сезонам в зависимости от источника загрязнения представлена на рис. 10.

Установлено, что в зависимости от источника загрязнения массовая аэрозольная нагрузка наибольших значений достигает летом, как правило, при переносе аэрозоля с Казахстана (89 кг/км^2 в пограничном слое, 47 кг/км^2 в слое над ним). Зимой в пограничном слое основную нагрузку составляет аэрозоль, переносимый с горного юга (56 кг/км^2) и Аральского бассейна (42 кг/км^2), а над ним – с Ближнего Востока (30 кг/км^2) и Казахстана (27 кг/км^2). В переходные сезоны за счет циркуляционных процессов, способствующих вымыванию аэрозоля осадками, нагрузки несколько уменьшаются, особенно при переваливании воздушных масс через высокие горные препятствия.



Рис. 10. Сезонное распределение аэрозольных массовых нагрузок в зависимости от источника загрязнения а) в слое 1–3 км и б) в слое 3–5 км.

Суммарная аэрозольная нагрузка за сезон достигает нескольких тонн, а в сумме за год в зависимости от источника загрязнения в пограничном слое от 13 до 18 т/км^2 , над пограничным слоем $6\text{--}10 \text{ т/км}^2$, что в сумме в слое до 5 км дает нагрузку около 100 т/км^2 за год.

Необходимо отметить, что аэрозольное загрязнение как естественного, так и антропогенного происхождения, осаждаясь на ледники в результате вынужденного подъема ВМ по горным склонам и при выпадении осадков, ускоряет деградацию ледников. А так как на равнинных территориях процесс опустынивания продолжается за счет нерационального использования природных ресурсов человеком, то увеличивается распыление и перенос аэрозоля на значительные расстояния. Примером могут служить высохшие территории Аральского моря, где участились пыльные бури, и более трети аэрозольного загрязнения на Тянь-Шань поступает именно с этого региона.

К особым случаям относятся ситуации, существенно отличающиеся от средних (фоновых) условий, в частности, аэрозольные образования типа Атмосферных Коричневых Облаков (Atmospheric Brown Cloud – ABC). Установлено, что такие случаи наблюдались при высоких значениях $\tau_0 = 0,300 \pm 0,820$ и были обусловлены резким изменением условий переноса аэрозоля воздушными массами. При этом наибольшие

средние суточные аэрозольные массовые нагрузки на ледники Тянь-Шаня, общей площадью 7300 км^2 (до 5500 т/сут) наблюдались летом и осенью (36,59 и 24,39% соответственно). Как правило, такие аномально высокие значения массовой нагрузки связаны с пылесолопереносом с территории Аральского бассейна во время мощных пыльных бурь летом, а осенью преимущественно с выносом аэрозольных образований типа Коричневого Облака чаще всего с Казахстана. В таких случаях оптические и микрофизические характеристики аэрозоля возрастали в 6–9 раз. Зимой и весной при развитой циклонической деятельности с частым выпадением осадков происходит самоочищение воздуха, поэтому на Центральный Тянь-Шань сильно загрязненный аэрозолем воздух выносился крайне редко (2,44%) и преимущественно с территории пустынь Северной Африки и Ближнего Востока (тип II) под мощным потоком ПВФЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Впервые выявлены основные источники и траектории переноса аэрозольного загрязнения, на базе чего проведена классификация обратных и прямых траекторий переноса аэрозоля над Центральноазиатским регионом. Выделено 4 основных типа обратных траекторий по источникам генерации аэрозоля (I - Южная Азия; II - Ближний Восток; III - Бассейн Аральского моря; IV - Западная Сибирь, Восточный Казахстан) и 5 типов прямых траекторий (1 - Степи и пустыни Казахстана; 2 - Горные массивы юга Сибири, Монголии, пустыни на северо-западе Китая; 3 - Горная система Тянь-Шань; 4 - Пустыни северного Китая и юга Монголии; 5 - Пустыня Такла-Макан, горные массивы Центральной Азии).

2. Установлено, что загрязненному континентальному аэрозолю, преобладающему во все сезоны, соответствуют значения аэрозольной оптической толщины (АОТ) $\tau_a=0,031\pm 0,043$, массовых концентраций $M=8,2\div 12,1 \text{ мкг/м}^3$ и конверсионного показателя $a=2,63\div 2,88 \text{ м}^2/\text{г}$.

3. Установлены соответствующие типам траекторий, типичные для выделенных источников загрязнения, характеристики аэрозоля:

- В региональном масштабе наиболее существенная роль в слое 1–3 км принадлежит переносу аэрозоля с бассейна Аральского моря (тип III – 36,5%), которому соответствует летний максимум с характерными значениями $\tau_a=0,057\pm 0,032$, $M=19,8\pm 16,7 \text{ мкг/м}^3$. (Невысокие значения массовой концентрации свидетельствуют о преобладании тонкодисперсного аэрозоля в виде лессовой пыли и мельчайших солевых частиц). Значительный вклад вносит аэрозоль с пустынь и сте-

пей Восточного Казахстана (тип IV – 20,9%), имеющий весенние и летние максимумы – $\tau_a=0,049\pm 0,053$, $M=38,3\div 40,5 \text{ мкг/м}^3$. В этом случае высокие массовые концентрации связаны с преобладанием крупнодисперсного аэрозоля в виде частиц пыли, а также продуктов сжигания биомассы и ископаемого топлива.

- При дальнейшем переносе в слое 3–5 км в холодное полугодие на загрязнение атмосферы над рассматриваемой территорией больше всего оказывает влияние Ближневосточный аэрозоль (тип II – 32,2%), которому соответствует осенний максимум $\tau_a=0,049\pm 0,038$, $M=14,1\pm 10,2 \text{ мкг/м}^3$. В теплое полугодие наиболее загрязненный аэрозолем воздух поступает с южных горных систем (тип I), при средней повторяемости 11,3% имеет максимумы характеристик летом $\tau_a=0,086\pm 0,057$, $M=19,8\pm 17,3 \text{ мкг/м}^3$. Чаще остальных (36,8%) переносится Аральский аэрозоль (тип III) с максимальными летними характеристиками $\tau_a=0,039\pm 0,031$, $M=8,9\pm 5,4 \text{ мкг/м}^3$.

4. Оценка аэрозольной массовой нагрузки на Центральный Тянь-Шань показала, что в целом за год наибольшая среднесуточная нагрузка в слое 1–3 км при переносе аэрозоля с Ближнего Востока – 57 кг/км^2 . При переносе с Казахстана – 47 кг/км^2 , при южных траекториях аэрозоля – 49 кг/км^2 . Наименьшие нагрузки 36 кг/км^2 при переносе преимущественно субмикронного аэрозоля с Аральского бассейна, однако значительный вклад этого аэрозоля обусловлен высокой повторяемостью его переноса. В слое 3–5 км массовые аэрозольные нагрузки в два раза меньше ($17\div 20 \text{ кг/км}^2$), максимум связан с воздушными массами с Казахстана – 29 кг/км^2 . Суммарная за год нагрузка в зависимости от источника загрязнения в слое 1–3 км составляет $13\text{--}18 \text{ т/км}^2$, в слое 3–5 км – $6\text{--}10 \text{ т/км}^2$, что в сумме дает нагрузку около 100 т/км^2 .

5. Аэрозольное загрязнение атмосферы в слое 1–3 км оказывает отрицательный эффект на высокогорные альпийские и субальпийские луговые и лугово-степные ландшафты, а в слое 3–5 км – на высококочувствительные снежниково-ледниковые ландшафты, однако для более точной оценки его влияния на геосистемы горного Кыргызстана необходимо дальнейшее исследование количественных характеристик аэрозоля, осаждающегося на земную поверхность.

6. Взаимосвязь синоптических ситуаций, несущих определенную аэрозольную нагрузку от различных источников загрязнения показала, что зимой наибольшая нагрузка (до 230 кг/км^2) наблюдается при западных и юго-западных переносах аэрозоля, когда перед холодными вторжениями воздуха выносятся с юга (ОТ типа I) теплый тропический воздух. При малоградиентном поле давления у земли в надынверсионном слое при подходе к горным массивам ВМ с севера Казахстана зна-

чительное количество аэрозоля может скапливаться в целые аэрозольные облака, тогда в отдельных случаях нагрузка может достигать 144 кг/км^2 . Весной наибольшие нагрузки также связаны с циклонами и холодными вторжениями, особенно при переносе аэрозоля с Ближнего Востока – до 176 кг/км^2 . Летом значительные аэрозольные нагрузки возникают при всех синоптических ситуациях с переносом аэрозоля с территории Казахстана, от 71 до 92 кг/км^2 в слое 1–3 км и от 37 до 80 кг/км^2 в слое 3–5 км. Осенью нагрузки увеличиваются ($101\text{--}160 \text{ кг/км}^2$) при сухой и теплой погоде антициклонического или малоградиентного типа.

7. Установлено, что наибольшие средние суточные аэрозольные массовые нагрузки над ледниками Тянь-Шаня (до 5500 т/сут) наблюдаются летом и осенью (36,59 и 24,39% соответственно). Как правило, такие аномально высокие нагрузки связаны с пылесолепереносом с территории Аральского бассейна во время мощных пыльных бурь летом, а осенью преимущественно с выносом аэрозольных образований типа Коричневого Облака чаще всего с Казахстана. В таких случаях оптические и микрофизические характеристики аэрозоля могут возрастать в 6–9 раз.

Таким образом, в диссертационной работе установлены основные источники и траектории трансграничного переноса аэрозоля над Центральноазиатским регионом, на основании чего предложена классификация обратных и прямых траекторий аэрозольного загрязнения на Центральный Тянь-Шань. Выявлены взаимосвязи между оптическими и микрофизическими характеристиками аэрозоля при дальнем и региональном переносах и основными источниками загрязнения в зависимости от синоптических ситуаций и типов воздушных масс. Проведена оценка аэрозольной массовой нагрузки на исследуемый регион, полученные данные можно использовать для изучения проблем влияния аэрозоля на состояние окружающей среды в условиях тенденции увеличения ее загрязнения вследствие антропогенной деятельности. Определены ландшафтные зоны, в первую очередь подвергающиеся загрязнению атмосферным аэрозолем. Другим важным направлением применения результатов исследования и дальнейшего развития работы является решение задач, связанных с выявлением причин ускоренного таяния ледников Центральноазиатских массивов и, в частности, Тянь-Шаня за счет аэрозольного загрязнения. Деграляция ледников, повышение уровня снеговой линии и, как следствие, увеличение селе- и лавиноопасности способствуют развитию опасных и катастрофических процессов, которые могут вызвать цепные реакции и изменения во всех компонентах окружающей среды.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Зыскова Э.Ю., Козгай Г.А. Методологические вопросы анализа трансграничного переноса аэрозоля в тропосфере над Тянь-Шанем // Вестник КPCY. Т. 5. № 3. 2003. – С. 107–115.
2. Зыскова Э.Ю. Анализ траекторий трансграничного переноса пыли в тропосферу над Тянь-Шанем в 2002 году. КPCY. Сб. Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып. 3. 2003 г. – С. 110–120.
3. Зыскова Э.Ю., Павлова И.А. Мониторинг циркуляционных условий над Кыргызстаном за 2002 г. КPCY. Сб. Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып.3. 2003 г. – С. 89–96.
4. Зыскова Э.Ю. Циркуляционные и синоптические условия над Центральной Азией в период войны в Ираке. КPCY. Сб. Метеорология и гидрология в Кыргызстане. Вып. 3. 2003 г. – С. 120–124.
5. Зыскова Э.Ю., Свердлик Л.Г. Дальний тропосферный перенос аэрозоля // Вестник КPCY. Т. 4. № 6. 2004. – С. 96–102.
6. Zyskova E.Y. Long-distance transport of aerosol /in: Chen B.B., Sverdlik L.G., Kozlov P.V., Optic and microphysics of atmospheric aerosol. Ch.5 //ISTC. – Bishkek. 2004. P. 157–179.
7. Зыскова Э.Ю., Чен Б.Б. Региональный перенос аэрозольных загрязнений над Центральной Азией // Вестник КPCY. Т.5. – №1. 2005. – С. 98–110.
8. B.Chen, L. Sverdlik and E. Zyskova. Estimation aerosol mass loading on glaciers of Central Tien-Shan // Twelfth Joint International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics / Proceedings of SPIE. Tomsk, Russia. 2005. Vol. 6160. – P. 842–847.
9. Зыскова Э.Ю. Трансграничный перенос аэрозольного загрязнения на Тянь-Шань. Материалы Третьего Международного Симпозиума «Геодинамика и геоэкология высокогорных регионов в XXI веке». – Бишкек, 2005. – С. 105–107.
10. Зыскова Э.Ю. Оптические характеристики аэрозольного загрязнения над Тянь-Шанем. Материалы Всероссийской молодежной школы-семинара «Теоретические и прикладные вопросы современной географии». – Томск, 2005. – С. 126–128.
11. Зыскова Э.Ю. Оценки аэрозольной массовой нагрузки на ледники Центрального Тянь-Шаня. / из Чен Б.Б., Свердлик Л.Г. Оптические свойства аэрозолей Центрального Тянь-Шаня по данным лазерного зондирования. П. 3.4. // КPCY. – Бишкек, 2006. – С. 135–143.

Зыскова Элина Юрьевна

«Борбордук Тянь-Шандагы атмосфералык аэрозолдук булганычтын чек аралык агымы» деген темада
25.00.36 – Геоэкология адистиги боюнча география илимдеринин
кандидаты илимий даражасын алууга талаптанып жазылган
диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: классификация, траекториялык анализ, булганыч булактары, аэрозоль, экосистема, синоптикалык объект, аэрозолдук массалык салмак, аномалдуу жогорку булганыч.

Изилдөө объектиси катары Борбордук Тянь-Шандын жана буткул Борбордук Азиянын геосистемасынын атмосферасы алынды. Себеби, ушул региондордо атмосферанын гана эмес, ошондой эле ар түрдү ландшафттардын булганычына таасирин тийгизген аэрозолдордун кыймылы болуп турат, ал өзгөчө мөнгүлөрдүн ээришин ылдамдатып, таза суунун булактарынын азайышына алып келет.

Изилдөөнүн максаты. Аэрозолдук булганычтын чек аралык агымы комплекстүү анализинин негизинде атмосферанын негизги булганыч булактарын изилдөө, жана аларды аэрозолдун оптикалык жана микрофизикалык мүнөздөмөлөрү боюнча классификациялоо, ошондой эле, Борбордук Тянь-Шандын геосистемаларынын мүмкүн болгон булгануусун баалоо.

Изилдөө ыкмалары. Траекториялардын тескери жана туз тузулушу методу гибридик лагранждык моделдин майда бөлүкчөнүн траекториясын интегрирлөө болуп саналат HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Integrated Trajectory Model). Аэрозольдун оптикалык, микрофизикалык параметрлерин анализдөө жана баалоо үчүн эксперименттик изилдөөнүн негизинде алынган жыйынтыктардын статистикалык кайра иштеп чыгуу методу колдонулган. Алар Кыргызстан-Россия Славян университетинин «Теплоключенка» станциясындагы бир канча толкундуу лидардык локагордун жардамы менен алынган.

Алынган жыйынтыктар жана жанылыктар: Алгач Борбордук Тянь-Шандын атмосферасынын булганыч булактары, алардын аэрозоль мүнөздөмөлөрү менен болгон байланышы аныкталды, региондун ар кандай экосистемаларынын атмосферасына болгон аэрозолдук массалык салмагы бааланды, аэрозольдун аномалдык чаң агымдары болгон учурдагы синоптикалык ситуациясы, мүнөздөмөлөрү жана Атмосфералык Бозгуч Булут сыяктуу аэрозолдук түзүлүштөр көрсөтүлгөн.

Пайдалануу денгээли жана колдонуу тармагы: Изилдөөлөрдүн натыйжасы Борбордук Азиянын айлана - чөйрөсүн коргоо боюнча ар кандай маселелерди чыгарууда колдонсо болот, ошондой эле, аэрозолдук булганычтын атмосферанын экологиялык абалына жана Борбордук Тянь-Шандын ландшафтына тийгизген таасирлерин эсептөөдө колдонулат.

РЕЗЮМЕ

диссертации Зысковой Элины Юрьевны
«Трансграничный перенос аэрозольного загрязнения
в атмосфере на Центральный Тянь-Шань»
на соискание ученой степени кандидата географических наук
по специальности 25.00.36 – Геоэкология

Ключевые слова: классификация, траекторный анализ, источник загрязнения, аэрозоль, экосистема, синоптический объект, аэрозольная массовая нагрузка, аномально высокое загрязнение.

Объектом исследования является атмосфера геосистем Центрального Тянь-Шаня и Центральной Азии в целом, так как именно над этим регионом осуществляется перенос аэрозоля, влияющий на загрязнение как атмосферы, так и различных ландшафтов, особенно ледников, что в свою очередь способствует их ускоренному таянию и истощению запасов пресной воды.

Цель исследования. На основе комплексного анализа трансграничного переноса аэрозольного загрязнения выявить основные источники загрязнения атмосферы и классифицировать их с учетом оптических и микрофизических характеристик аэрозоля, а также оценить возможное загрязнение различных геосистем Центрального Тянь-Шаня.

Методы исследования. Методом построения обратных и прямых траекторий является гибридная лагранжевая модель интегрированной траектории одиночной частицы HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Integrated Trajectory Model). Для анализа и количественной оценки оптических и микрофизических характеристик аэрозоля был использован статистический метод обработки результатов экспериментальных измерений, выполненных с помощью многоволнового локатора лидарной станции «Теплоключенка» Кыргызско-Российского Славянского университета.

Полученные результаты и новизна: впервые проведена классификация основных источников загрязнения атмосферы Центрального Тянь-Шаня, выявлены их взаимосвязи с характеристиками аэрозоля, оценены аэрозольные массовые нагрузки на атмосферу различных экосистем региона, выявлены синоптические условия и характеристики аэрозоля при аномальных пылевых выносах и возникновении аэрозольных образований типа Атмосферное Коричневое Облако.

Степень использования и область применения: Результаты исследований могут быть использованы при решении различных прикладных задач по охране окружающей среды Центральной Азии, расчетах влияния аэрозольного загрязнения на экологическое состояние атмосферы и ландшафтов Центрального Тянь-Шаня.

THE SUMMARY*Zyskova Elina Jurievna***Transboundary transport of aerosol pollution
in the atmosphere to the Central Tien-Shan**Dissertation for geographical science candidate degree competition
on specialization 25.00.36 – Geoecology

Key words: classification, trajectory analysis, pollution source, aerosol, ecosystem, synoptical object, mass load, anomalous high pollution.

Research object is the atmosphere of Central Tien-Shan and Central Asia geosystems. Transport of aerosol over this region influences on the atmosphere and different landscapes, especially glaciers, it leads to rapidly speeding up their melting process and exhausting fresh water resources.

Research purposes: To identify main sources of atmospheric pollution based on complex analysis of transboundary aerosol pollution travel, and classify them accounting for optic and microphysical characteristics of aerosol. To evaluate potential pollution levels of various geosystems of Central Tien-Shan.

Research methods. Method of back and forward trajectories construction is Hybrid Single-Particle Integrated Trajectory Model (HYSPLIT) have been used for analysis and quantitative estimation of the aerosol optical and microphysical characteristic. Statistical methods have been used for results processing of experimental measurements that were used. Measurements were taken by multiwave locator of Kyrgyz-Russian Slavic University's "Teplokluchenka" lidar station.

Results obtained and novelty. The first time main atmospheric pollution sources classification has been carried out; correlation with aerosol characteristic have been identified; mass load has been estimated for different ecosystems of the region. The work investigates synoptic conditions and aerosol characteristic in the presence of anomalous dust flow and appearance of aerosol formations, such as Atmospheric Brown Cloud.

Efficiency and field of application: Research results can be used for solving various practical tasks aimed at preserving the Central Asia environment. They can also be used while calculating the effect of aerosol pollution has on state of Central Tien-Shan ecology, environment and landscapes.



Подписано в печать 29.02.08. Формат 60×84^{1/16}
Офсетная печать. Объем 1,75 п.л.
Тираж 100. Заказ 480.

Отпечатано в типографии КРСУ
720000, Бишкек, ул. Шопокова, 68.