

## Ветровой режим и особенности атмосферной циркуляции при образовании пыльных бурь в пустыне Гоби

А.Л. Дементьева, Г.С. Жамсуева, А.С. Заяханов, В.В. Цыдыпов\*

Отдел физических проблем при Президиуме Бурятского научного центра СО РАН, г. Улан-Удэ

Поступила в редакцию 25.11.2008 г.

Проведены исследования характера движения воздушных масс и основных направлений переноса пылевого аэрозоля и газовых примесей в аридных районах Монголии с использованием траекторной модели реанализа NCEP/NCAR HYSPLIT. Установлено, что в данном районе в основном преобладает восточный, северо-восточный и юго-восточный вынос воздушных масс. Анализ ежедневных фоновых метеорологических данных (2004–2005 гг.) показал, что в целом ветровой режим в пустыне Гоби в течение года повторяет направление общего северо-западного переноса, характерное для свободной атмосферы, но в летний период велико влияние местных циркуляций.

*Ключевые слова:* пыльные бури, циркуляция атмосферы, приземный слой, атмосферные примеси, прямые и обратные траектории.

### Введение

Изменение климата является важнейшей проблемой человечества. В течение последних десятилетий антропогенное загрязнение атмосферы является главной причиной изменения содержания многих компонентов атмосферного воздуха. Ситуация постоянно усугубляется продолжающимся интенсивным ростом загрязнения атмосферы не только в областях, расположенных в непосредственной близости от источников, но и на отдаленных территориях, и потому требует к себе постоянного внимания, т.е. совершенствования как системы мониторинга загрязнения атмосферы, так и методов модельных исследований [1, 2].

В последние годы все большее внимание уделяется проблеме, связанной с пыльными бурями: исследованию условий и процессов образования пыльных бурь, путей дальнего переноса пылевого аэрозоля, влиянию его на различные процессы, происходящие в атмосфере и других средах. Основным очагом азиатских пыльных бурь являются пустыни Центральной Азии, в том числе пустыня Гоби (Монголия). В настоящее время площадь пустынь в Центральной Азии увеличивается, а это сказывается на увеличении числа пыльных бурь. Опустынивание причиняет ущерб не только странам с засушливым климатом, но и близлежащим [3, 4]. Пыльные бури вызывают деградацию земель, и это является серьезной экономической, социальной и экологической проблемой в Централь-

ной Азии, а также в некоторых регионах России. Поэтому большой интерес представляют исследования механизмов образования пыльных бурь, их продолжительности и анализ путей их дальнего переноса.

### Результаты исследований

Комплексные исследования аэрозольных и малых газовых составляющих атмосферы, метеорологических, турбулентных и радиационных характеристик атмосферы аридных территорий Монголии были начаты отделом физических проблем Бурятского научного центра СО РАН в 2005 г. Измерения проведены в летние экспедиционные периоды 2005–2008 гг. в Восточно-Гобийском аймаке (ст. Сайншанд, 44°54'; 110°07') и Сухэ-Баторском аймаке (ст. Баруун-Урт, 46°41'; 113°17') [5, 6]. Пункты наблюдений располагались в зданиях Гидрометцентров, находящихся на значительном удалении от населенных пунктов. Круглосуточные измерения метеорологических параметров проведены автономным ультразвуковым метеокомплексом «АМК-03». Методика измерений с помощью ультразвука основана на зависимости его групповой скорости в атмосфере от температуры и скорости ветра [7].

С использованием траекторной модели реанализа NCEP/NCAR HYSPLIT (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>) и архивных метеорологических данных (архив FNL) National Oceanic and Atmospheric Administration (США) проведены исследования характера движения воздушных масс и основных направлений переноса пылевого аэрозоля и газовых примесей в аридных районах Монголии. Следует отметить, что модель реанализа

\* Аюна Лубсановна Дементьева; Галина Санжиевна Жамсуева; Александр Савельевич Заяханов; Вадим Владимирович Цыдыпов (lrf@pres.bscnet.ru).

NCEP/NCAR HYSPLIT позволяет рассчитывать прямые и обратные траектории движения воздушных масс в пограничном слое атмосферы с учетом вертикальных перемещений с максимальным сроком расчета 5 сут (120 ч) и шагом 6 ч.

Для построения траекторий нами задавались географические координаты двух станций пустыни Гоби (ст. Сайншанд и Баруун-Урт). Траектории движения воздушных масс рассчитывались для 2005 г. с продолжительностью 120 ч на высотах 1500, 2500 и 3500 м, отражающих в наибольшей степени дальний перенос примесей регионального и глобального масштабов. Всего построено 283 траектории, из них 140 прямых траекторий и 143 обратные траектории для всех сезонов 2005 г. для ст. Сайншанд и Баруун-Урт. В результате осреднения данных выделены наиболее часто встречающиеся типы траекторий с учетом их направления и длины. Установлено, что в данном районе в основном преобладает восточный, северо-восточный и юго-восточный вынос воздушных масс. В качестве наглядного примера выноса воздушных масс на рис. 1, а представлены два эпизода прямых траекторий движения воздушных масс из ст. Баруун-Урт и ст. Сайншанд (16 и 26 апреля 2005 г.). Видно, что траектории движения воздушных масс в этот период времени проходили по территории Кореи, Японии и России, захватывая часть территории Читинской области.

В результате расчета обратных траекторий воздушных масс выявлено преобладание северо-западного, западного, юго-западного и южного заносов воздушных масс. В этом случае с южными и юго-западными потоками воздуха создаются условия для поступления в район исследования воздушных масс с территории Китая, что подтверждается построением обратных траекторий по модели HYSPLIT. На рис. 1, б представлены наиболее характерные траектории заноса воздушных масс на ст. Сайншанд.

Атмосферная циркуляция над Монголией имеет ряд особенностей, которые возникают под влиянием весьма разнообразных физико-географических условий. Север страны по своим природным условиям является продолжением восточносибирских ландшафтов, запад и центральная часть страны гористые, восток территории представляет собой всхолмленную равнину, а крайняя южная часть занята пустыней Гоби. Высокое расположение Монголии, значительная удаленность от океанов и морей, сложность орографических условий являются основными физико-географическими факторами, определяющими особенности циркуляции атмосферы Монголии.

Для изучения ветрового режима пустыни Гоби были обработаны ежедневные фондовые метеорологические данные за 2 года (2004–2005 гг.) наземных метеорологических станций (Сайншанд и Баруун-Урт).

Розы влияния ветров, построенные по фондовым метеорологическим данным, характеризуют в основном северо-западное направление воздуш-

ных масс. Поскольку разнообразие рельефа Монголии приводит к неравномерному распределению температуры воздуха над разными обширными по размерам и структуре ландшафтов участками земной поверхности (аридные, полуаридные, степные территории, горные системы и т.д.), то это способствует развитию местной циркуляции [8, 9]. На рис. 2 представлены розы влияния ветров в летний период, которые характеризуют формирование местных атмосферных циркуляций в теплое время года в исследуемом регионе. Можно выделить увеличение повторяемости южных, юго-восточных и юго-западных потоков воздуха (25 и 21%), а также восточное и северо-восточное направление ветра (26,4 и 35,2%) для ст. Сайншанд и Баруун-Урт соответственно.

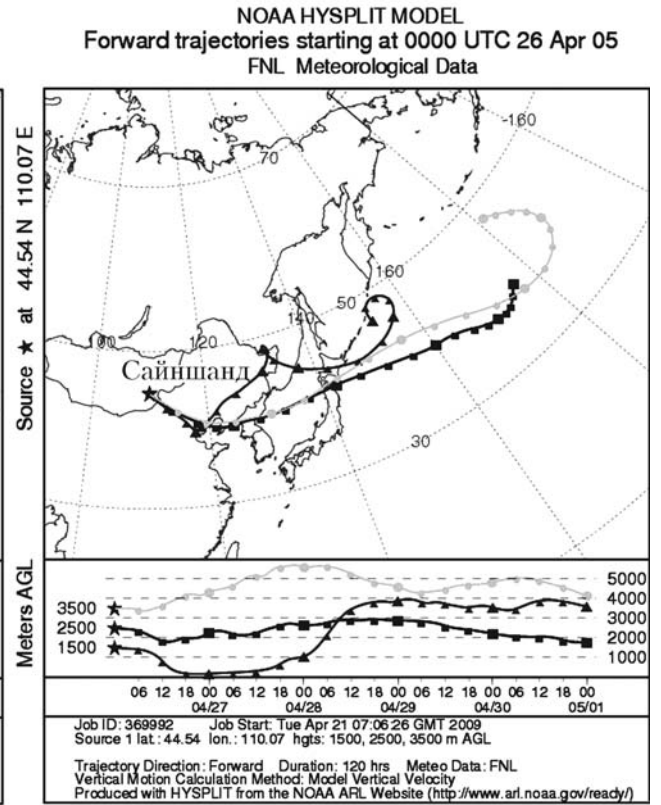
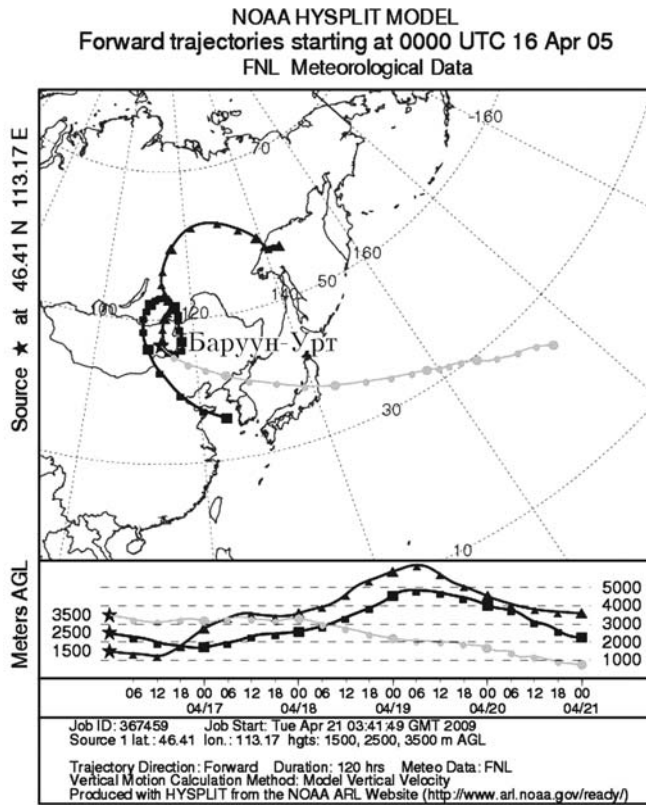
Это подтверждается и экспериментальными данными измерений метеопараметров с помощью акустического метеокомплекса АМК-03 во время научных экспедиций в июне–июле 2005–2006 гг., а также результатами построения траекторий движения воздушных масс с использованием системы CLIWARE (<http://cliware.meteo.ru/izomap>).

Кроме того, анализ фондовых данных выявил преобладание слабых ветров (0–1 м/с) в осенне-зимний период, наибольшая повторяемость которых составляет до 50% в период с августа по январь, в весенне-летний период – 15%.

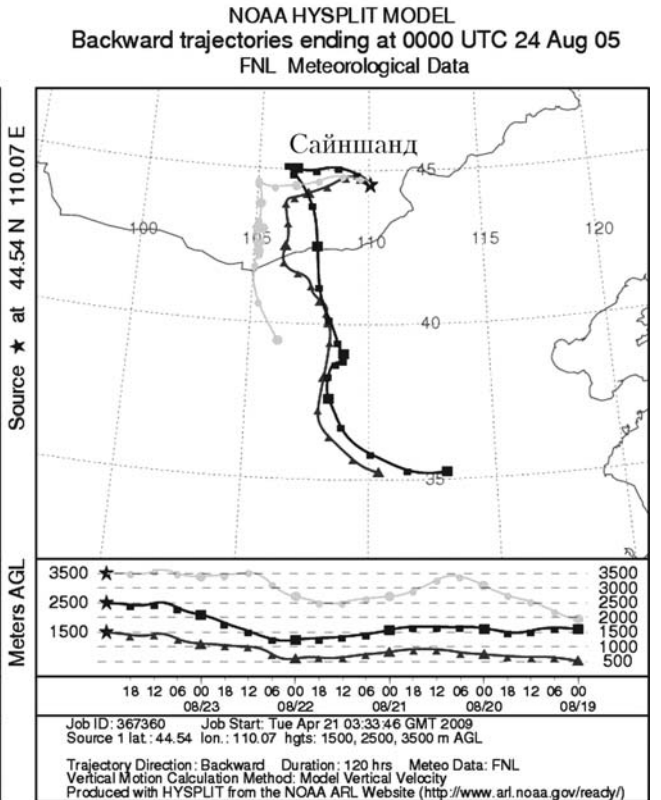
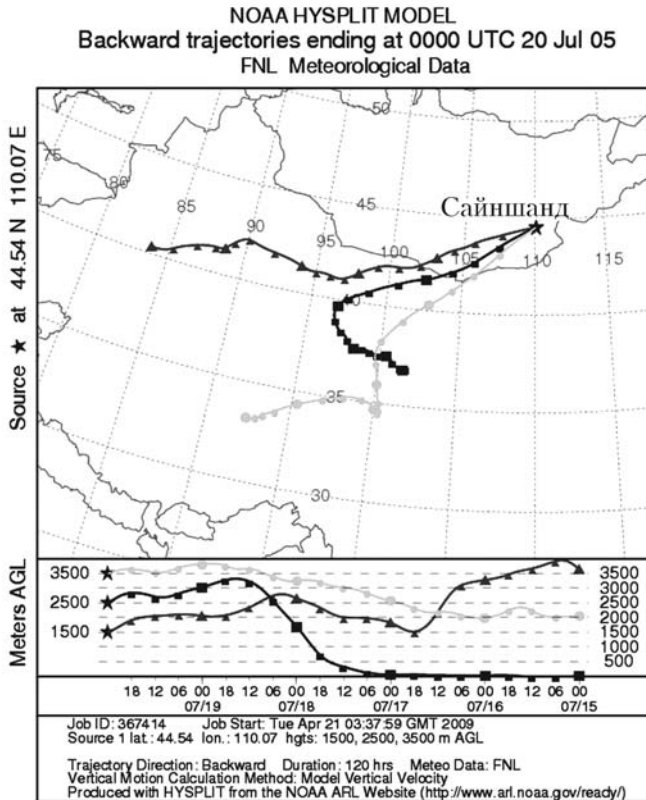
Пиковым сезоном сильных ветров, характеризующихся как пыльные бури, являются весна–лето. Анализ ежедневных аэрологических данных на ст. Сайншанд (1988–1990 гг.) показывает, что в этот период года на верхней границе тропосферы наиболее часто наблюдаются струйные течения, способствующие переносу пылевого аэрозоля на дальние расстояния [10].

Для изучения траекторий переноса воздушных масс на территорию Монголии были проанализированы приземные и высотные (500 гПа) метеорологические карты Северного полушария ([http://www.aari.nw.ru/odata/\\_d0010.php](http://www.aari.nw.ru/odata/_d0010.php)) за 2008 г. Результаты анализа показали, что оз. Байкал является особой климатической областью, влияющей на смещение воздушных масс на территорию Монголии, впоследствии приводящее к формированию пыльных бурь в Монголии и Китае.

Выявлено, что холодные арктические воздушные массы, перемешиваясь с воздушными массами умеренных широт над обширной холодной поверхностью оз. Байкал, особенно в этот период года смещаются далее на северо-восток Монголии. Между холодными воздушными массами Восточной Сибири и прогретыми воздушными массами Монголии создаются значительные градиенты давления и температуры, что приводит к зарождению интенсивных пыльных бурь. Об этом факте наглядно свидетельствуют синоптические карты и результаты построения обратных траекторий с использованием модели HYSPLIT (рис. 3) во время сильных пыльных бурь в Восточной Гоби 26–27 мая и Пекине 20 мая 2008 г.



a



b

Рис. 1

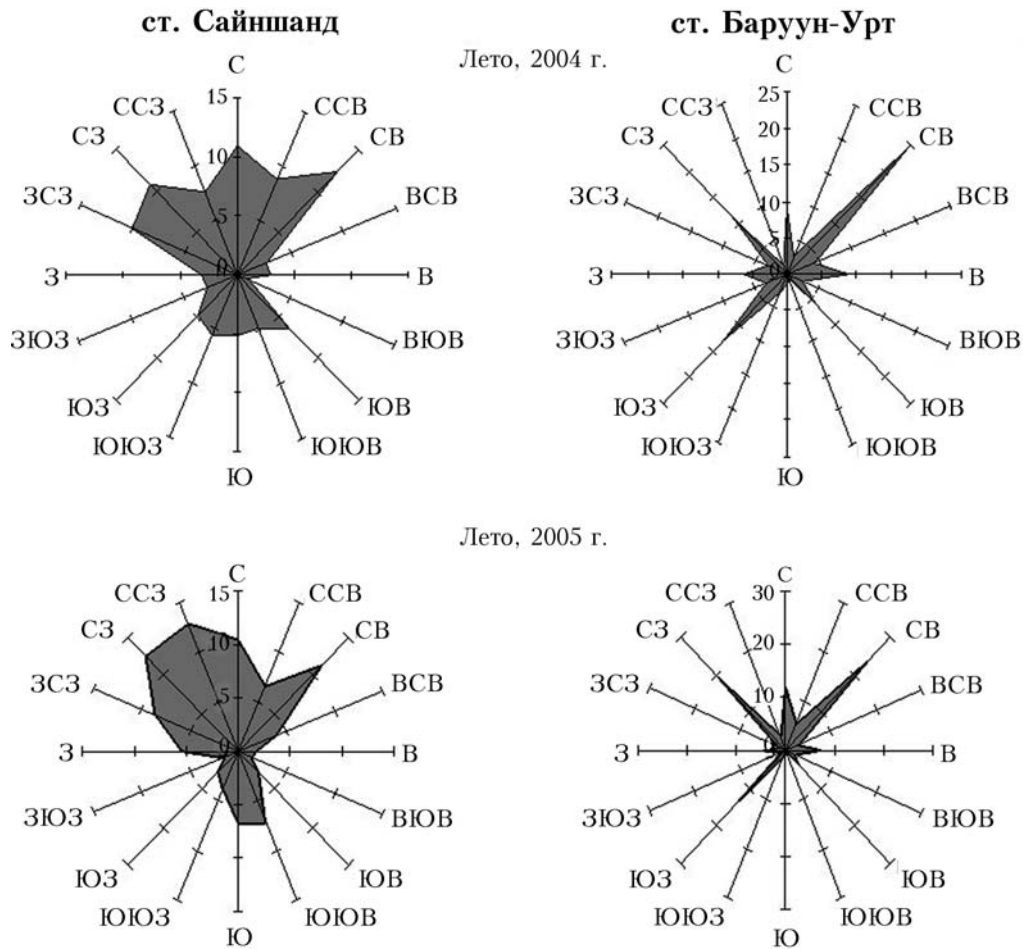


Рис. 2

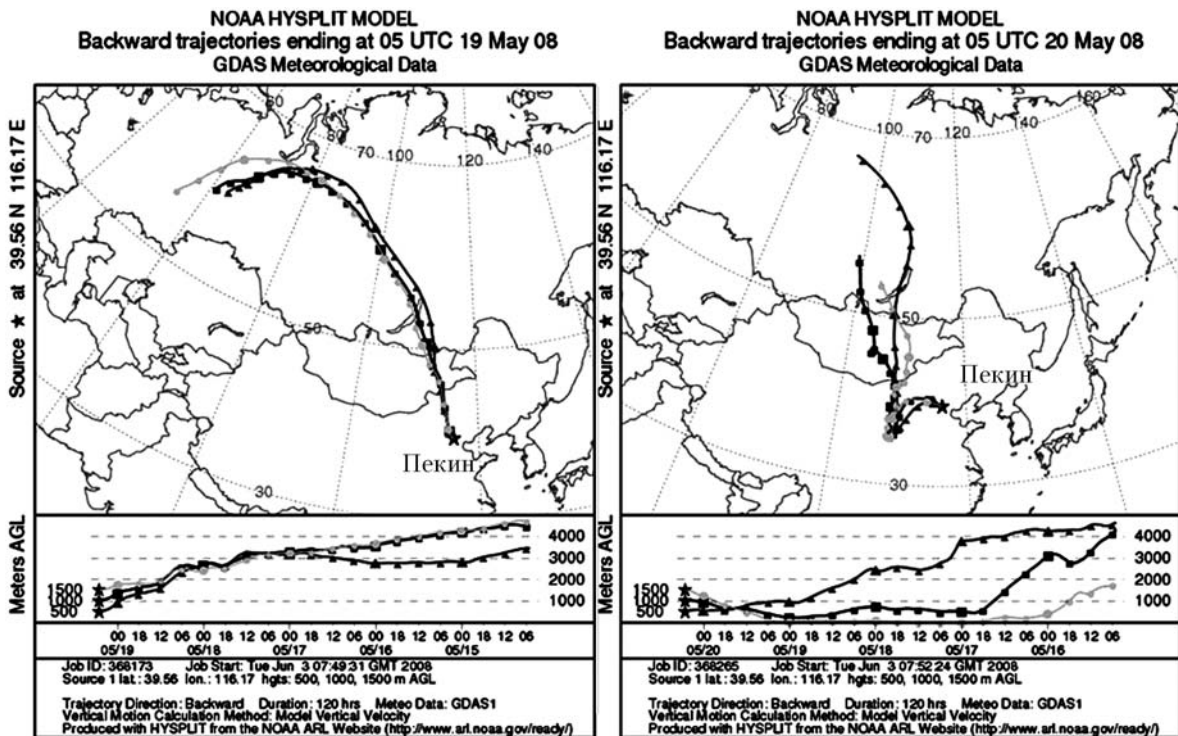


Рис. 3

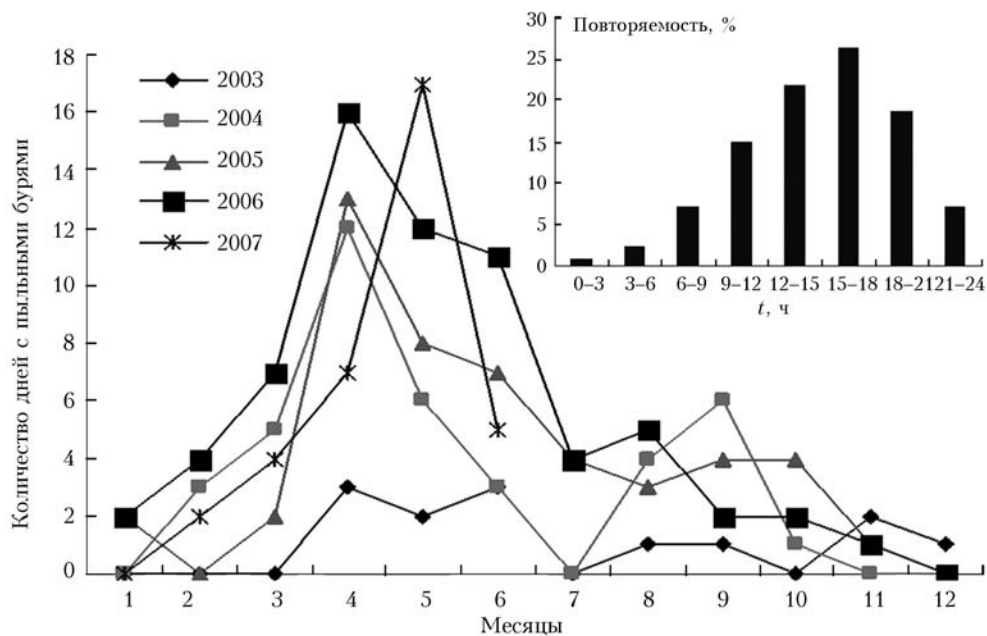


Рис. 4

Проведен анализ ежедневных фондовых метеорологических данных за 5 лет (2003–2007 гг.) для ст. Сайншанд, которые свидетельствуют об увеличении количества и продолжительности пыльных бурь (рис. 4). Как видно из рис. 4, если продолжительность пыльных бурь в 2003 г. на ст. Сайншанд составила 14 ч 34 мин с максимальным значением в ноябре (5 ч), в 2004 г. — 84 ч 33 мин с максимумом в мае 23 ч 25 мин, то в 2005 г. продолжительность пыльных бурь увеличилась на порядок по сравнению с 2003 г. — 176 ч 16 мин с максимальным количеством часов в апреле — 78 ч 15 мин.

Наибольшая повторяемость пыльных бурь в аридных территориях Монголии наблюдается в апреле–мае в дневные и вечерние часы. Максимум повторяемости пыльных бурь соответствует интервалу 15–18 ч местного времени. Результаты наблюдений свидетельствуют о дальнейшем увеличении количества дней с пыльными бурями.

### Заключение

1. С использованием траекторной модели реанализа NCEP/NCAR HYSPLIT и архивных метеорологических данных (архив FNL) National Oceanic and Atmospheric Administration (США) проведены исследования характера движения воздушных масс и основных направлений переноса пылевого аэрозоля и газовых примесей в аридных районах Монголии. Установлено, что в данном районе в основном преобладает восточный, северо-восточный и юго-восточный вынос воздушных масс.

2. Анализ ежедневных фондовых метеорологических данных за 2 года (2004–2005) показал, что в целом ветровой режим в пустыне Гоби в течение года повторяет направление общего северо-западного переноса, характерное для свободной атмосферы. В летний же период велико влияние местных циркуляций.

3. На основе анализа фондовых метеорологических данных (ст. Сайншанд и Баруун-Урт) показано, что за последние годы наблюдается увеличение количества дней с пыльными бурями и их продолжительности. Наибольшая повторяемость пыльных бурь в атмосфере аридных территорий Монголии (пустыня Гоби) наблюдается в апреле–мае в дневные и вечерние часы.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Международной программы СО РАН (проект № 13.2).

1. Куценогий К.П., Смирнова А.И. Метод обратных траекторий для идентификации источников атмосферных аэрозолей регионального и глобального масштабов // Оптика атмосф. и океана. 2001. Т. 14. № 6–7. С. 510–514.
2. Hak-Sung Kim, Yong-Seung Chung. Satellite and ground observations for largescale air pollution transport in the Yellow Sea region // Atmos. Chem. DOI: 10.1007/s10874-008-9111-4.
3. Бабаев А.Г., Дроздов Н.Н., Зонн И.С., Фрейкин З.Г. Пустыни. М.: Мысль, 1986. 318 с.
4. Natsagdorj L., Jugder D., Chung Y.S. Analysis of dust storms observed in Mongolia during 1937–1999 // Atmos. Environ. 2003. V. 37. N 9–10. P. 1401–1411.
5. Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Цыдыпов В.В., Ауржанаев А.А., Азаяа Д., Оюнчимег Д. Экспериментальные исследования малых газовых составляющих атмосферы аридных и полуаридных территорий Монголии // Оптика атмосф. и океана. 2008. Т. 21. № 3. С. 273–277.
6. Zhamsueva G.S., Zayakhanov A.S., Tsydyrov V.V., Ayurjanaev A.A., Azzaya D., Oyunchimeg D. Assessment of small gaseous impurities in atmosphere of arid and semiarid territories of Mongolia // Atmos. Environ. 2008. V. 42. N 3. P. 582–587.
7. Азбукин А.А., Богушевич А.Я., Ильичевский В.С., Корольков В.А., Тихомиров А.А., Шелевой В.Д. Автоматизированный ультразвуковой метеорологический

- комплекс АМК-03 // Метеорол. и гидрол. 2006. № 11. С. 89–97.
8. Жадамбаа Ш., Неушкин А.И., Тувдэндорж Д. Циркуляционные факторы климата Монголии // Метеорол. и гидрол. 1967. № 2. С. 29–37.
9. Жадамбаа Ш., Неушкин А.И., Тувдэндорж Д. Сезонные особенности атмосферной циркуляции над Монголией // Метеорол. и гидрол. 1967. № 5. С. 29–32.
10. Дементьева А.Л., Жамсуева Г.С., Заяханов А.С., Цыдыпов В.В., Ауржанаев А.А. Особенности вертикального распределения метеопараметров в атмосфере аридных территорий // XIV Рабочая группа «Аэрозоли Сибири». Томск, 2007. С. 46.

*A.L. Dement'eva, G.S. Zhamsueva, A.S. Zayakhanov, V.V. Tsydyrov. Wind regime and peculiarities of atmosphere circulations at formation of dust storms in the Gobi.*

Researches of air mass movement and the main directions of dust aerosol and gas impurities transfer in arid territories of Mongolia with using traectorial model NCEP/NCAR HYSPLIT are conducted. It is established that basically east, northeast and southeast carrying out of air mass prevails in the given territories. The analysis of daily fond meteorological data (2004–2005) has shown that the wind regime in the Gobi during a year repeats the direction of the general northwest transport, characteristic of free atmosphere, but in summer the influence of local circulation is great.