

## ГОДОВОЙ И СУТОЧНЫЙ ХОД КОНЦЕНТРАЦИЙ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ ЮЖНОЙ И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЕЙ ПУСТЫНИ ГОБИ

А.Л. Дементьева, Г.С. Жамсуева, А.С. Заяханов

## ANNUAL AND DIURNAL VARIATIONS OF FINE-DISPERSED AEROSOL CONCENTRATIONS IN THE ATMOSPHERE OF SOUTH AND EAST PARTS OF GOBI DESERT

A.L. Dement'eva, G.S. Zhamsuyeva, A.S. Zayakhanov

Представлены результаты мониторинговых измерений массовой концентрации мелкодисперсной фракции аэрозоля  $PM_{10}$  (частицы размером менее 10 мкм) и  $PM_{2.5}$  (частицы размером менее 2.5 мкм) на ст. Сайншанд, Замын-Ууд и Даланзадгад, расположенных в восточной и южной частях пустыни Гоби в Монголии. Выявлен годовой и суточный ход массовой концентрации мелкодисперсной фракции аэрозоля  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  на исследуемых станциях. Максимальные значения среднемесячных концентраций в годовом ходе на ст. Сайншанд и Замын-Ууд наблюдались в мае месяце в период пыльных бурь. Изменчивость годового хода массовой концентрации мелкодисперсной фракции аэрозоля в течение года на ст. Даланзадгад значительно отличается от годового хода данных фракций на ст. Сайншанд и Замын-Ууд.

The results of monitoring measurements of fine aerosol mass concentration of fraction  $PM_{10}$  (particles less than 10 microns) and  $PM_{2.5}$  (particles less than 2.5 microns) at stations Sainshand, Zamyn-Uud and Dalanzadgad, located in east and south parts of the Gobi Desert of Mongolia are presented. Annual and diurnal variation of fine aerosol the mass concentration of fraction  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  at stations investigated are revealed. The maximum values of the average monthly concentrations in the annual course at stations Sainshand and Zamyn-Uud observed in May during the dust storm. The variability of the annual variation of the fine aerosol mass concentration at the station Dalanzadgad is significantly different from the annual variation of these fractions at st. Sainshand and st. Zamyn-Uud.

В последние годы из-за увеличения активности пыльных бурь, антропогенного загрязнения наблюдается рост содержания аэрозолей в атмосфере. Атмосферный аэрозоль вносит вклад в изменение радиационного баланса в системе земля-атмосфера, поглощая, отражая и рассеивая радиационные потоки, влияя на процессы облакообразования и изменяя свойства облаков, следовательно, в изменение погоды и климата. При определенных условиях взвешенные в воздухе частицы приводят к существенному снижению видимости. В отличие от газовых примесей РМ являются, в основном, сложной гетерогенной смесью многих компонентов, причем их свойства широко изменяются во времени и пространстве. Свойства РМ определяются выбросами из различных источников, химическим режимом атмосферы и метеорологическими условиями и изучены значительно меньше по сравнению с газовыми примесями. В 1998–1999 гг. взвешенные частицы были включены в число загрязняющих веществ, рассматриваемых в рамках Конвенции о Трансграничном Загрязнении Воздуха на Большие Расстояния Европейской Экономической Комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН). Для стран-участниц Европейской секции ВОЗ по содержанию в нем  $PM_{10}$  установлены следующие стандарты качества атмосферного воздуха: средняя за 24 ч концентрация  $PM_{10}$  не должна превышать уровня  $50 \text{ мкг/м}^3$ , более чем 35 раз в год, среднегодовая – не должна превышать порога в  $40 \text{ мкг/м}^3$ , а концентрация  $PM_{2.5}$  не должна превышать  $25 \text{ мкг/м}^3$  в среднем за 24 ч.

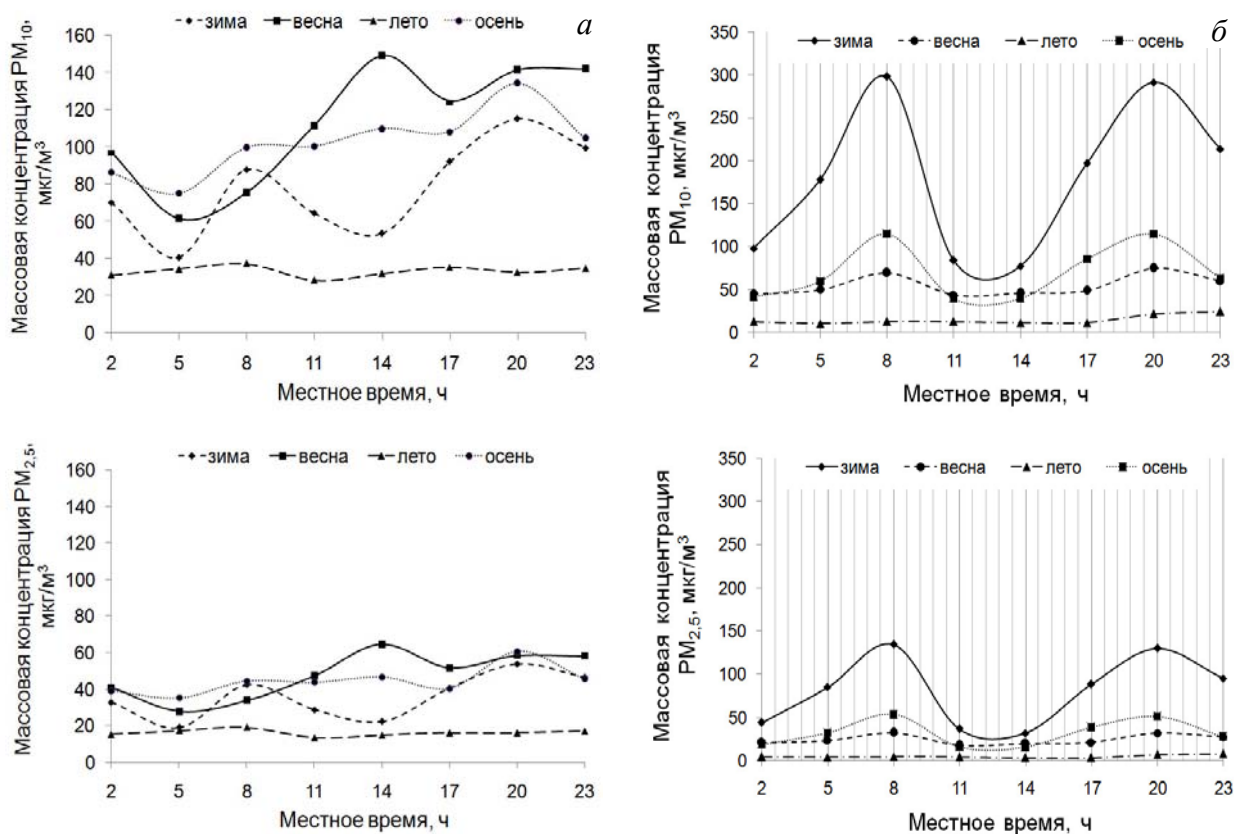
Для исследования содержания взвешенных частиц в атмосфере аридных территорий Монголии проанализированы ежедневные фоновые данные массовой концентрации  $PM_{10}$  (частицы размером менее 10 мкм) и  $PM_{2.5}$  (частицы размером менее 2.5 мкм) за 2008–2012 гг. в Восточно-Гобийском аймаке (ст. Сайншанд, Замын-Ууд) и Южно-Гобийском аймаке (ст. Даланзадгад).

Станция Сайншанд ( $44^{\circ}54' \text{ N}$ ;  $110^{\circ}07' \text{ E}$ ) расположена на юго-востоке страны в пустыне Гоби, где отсутствуют крупные источники промышленных выбросов. Измерения на ст. Сайншанд проводятся в здании Гидрометцентра в 3 км от населенного пункта и антропогенных источников.

Станция мониторинга Замын-Ууд ( $43^{\circ}44' \text{ N}$ ;  $111^{\circ}54' \text{ E}$ ) расположена в центре населенного пункта, на границе с Китаем, вблизи Трансграничной железной дороги и автомагистрали, в 200 км от ст. Сайншанд.

Станция Даланзадгад ( $43^{\circ}35' \text{ N}$ ;  $104^{\circ}25' \text{ E}$ ) расположена в котловине у подножия восточной оконечности горного массива Гурван Сайханы Нуруу в коридоре ветровых потоков, где отсутствуют крупные источники выбросов, однако в последние годы с 2010 г. на юге Гоби активно развиваются разработки золотомедного месторождения Оюу-Толгой и угольного месторождения Таван-Толгой. Открытые разработки месторождений в аридных районах Монголии, строительство карьеров, транспортировка полезных ископаемых приводит к резкому увеличению концентрации пыли в атмосфере.

Среднегодовая концентрация мелкодисперсного аэрозоля на ст. Сайншанд в среднем невысокая, не превышает  $17 \text{ мкг/м}^3$  для пыли фракции  $PM_{10}$  и  $7 \text{ мкг/м}^3$  для пыли фракции  $PM_{2.5}$ . Максимальные значения среднемесячных концентраций  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  наблюдаются в весенний и зимний периоды в связи с высокой повторяемостью пыльных бурь и антропогенной нагрузкой. Максимальные значения среднемесячных концентраций в годовом ходе наблюдаются в мае, составляют  $51 \text{ мкг/м}^3$  ( $PM_{10}$ ) и  $20 \text{ мкг/м}^3$  ( $PM_{2.5}$ ). В дни с устойчивой, маловетренной погодой средние массовые концентрации  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  изменяются в пределах  $8\text{--}11 \text{ мкг/м}^3$  ( $PM_{10}$ ) и  $3\text{--}5 \text{ мкг/м}^3$  ( $PM_{2.5}$ ). Но при пыльных бурях максимальные значения концентраций превышают  $1780 \text{ мкг/м}^3$  ( $PM_{10}$ ) и  $380 \text{ мкг/м}^3$  ( $PM_{2.5}$ ), что в 28 раз ( $PM_{10}$ ) и в 15 раз ( $PM_{2.5}$ ) превышают предельно-допустимые концентрации, принятых в Европейском Союзе (ЕС).



Среднесуточный ход массовой концентрации аэрозоля  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  на ст. Замын-Ууд (а) и ст. Даланзадгад (б).

По данным измерений массовой концентрации аэрозолей фракции  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  выявлен среднесуточный ход по сезонам года на ст. Сайншанд. Характерными чертами суточного хода  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  на ст. Сайншанд являются два продолжительных ночной и утренний максимумы в весеннее и зимнее время, обусловленные влиянием пыльных бурь, местных источников выбросов отопительных сооружений и температурных инверсий. В осенне-летний период суточные экстремумы выражены слабо. Максимальные значения концентраций данных фракций во время пыльных бурь наблюдались в вечерние и ночные часы.

Среднегодовая концентрация мелкодисперсных фракций аэрозоля на ст. Замын-Ууд на границе с Китаем значительно выше, чем на ст. Сайншанд и составляет  $72 \text{ мкг}/\text{м}^3$  для  $PM_{10}$  и  $34 \text{ мкг}/\text{м}^3$  для пыли фракции  $PM_{2.5}$ . Максимальные среднемесячные концентрации  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  отмечены также в мае и достигают  $139$  и  $53 \text{ мкг}/\text{м}^3$ , соответственно. При слабых ветрах концентрации изменяются в пределах  $20\text{--}22 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{10}$ ) и  $16\text{--}18 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{2.5}$ ). При пыльных бурях максимальные концентрации превышают значений  $1930 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{10}$ ) и  $700 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{2.5}$ ), что в 24 раза ( $PM_{10}$ ) и в 28 раз ( $PM_{2.5}$ ) превышают предельно-допустимые концентрации в ЕС. Максимальные значения среднемесячных концентраций  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  наблюдаются в весенние, зимние и осенние месяцы. Отмечается рост массовой концентрации данных фракций аэрозоля при южных направлениях ветра со стороны Китая, их значения варьируют от 30 до  $400 \text{ мкг}/\text{м}^3$ .

Усредненный 10-дневный суточный максимум концентрации  $PM_{10}$  на ст. Замын-Ууд в мае составляет  $122 \text{ мкг}/\text{м}^3$  и хорошо согласуется с данными ст. Эрдэнэ ( $44^\circ 27' \text{N}$ ,  $111^\circ 05' \text{E}$ ), расположенной в 100 км к северо-западу от Замын-Ууд, где усредненный 10-дневный суточный максимум концентрации  $PM_{10}$  составляет  $140 \text{ мкг}/\text{м}^3$ .

В суточном ходе РМ на ст. Замын-Ууд зимой наблюдаются два максимума в утренние и вечерние часы и два минимума ночью и днем, что характерно для городских станций (панель а). В весеннее время максимумы наблюдаются в послеполуденное и вечернее время за счет вклада пыльных бурь. Суточный ход в летнее время выражен слабо. Осенью повышение концентраций аэрозоля отмечается в вечернее время.

Среднегодовая концентрация мелкодисперсных фракций аэрозоля на ст. Даланзадгад составляет  $79 \text{ мкг}/\text{м}^3$  для  $PM_{10}$  и  $35 \text{ мкг}/\text{м}^3$  для пыли фракции  $PM_{2.5}$ .

Изменчивость годового хода массовой концентрации мелкодисперсной фракции аэрозоля в течение года на ст. Даланзадгад значительно отличается от годового хода данных фракций на ст. Сайншанд и ст. Замын-Ууд. Максимальные значения среднемесячных концентраций в годовом ходе выявлены в холодное время года, например, в декабре составляют  $214 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{10}$ ) и  $93 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{2.5}$ ). В то время как на ст. Сайншанд среднемесячная концентрация  $PM_{10}$  и  $PM_{2.5}$  составляет  $17 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{10}$ ) и  $8 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{2.5}$ ), а на ст. Замын-Ууд  $57 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{10}$ ) и  $23 \text{ мкг}/\text{м}^3$  ( $PM_{2.5}$ ).

Характерными чертами суточного хода концентраций РМ в зимнее, весеннее и осеннее время на ст. Даланзадгад являются утренний и вечерний максимумы примерно одного уровня и два минимума в ночное и дневное время (с 11 до 14 ч). В летнее время суточные экстремумы слабо выражены (панель б). Амплитуда среднесуточных колебаний концентраций РМ<sub>10</sub> выявлена в зимнее время, составляет 221 мкг/м<sup>3</sup> на ст. Даланзадгад, в то время как на станциях Сайншанд и Замын-Ууд отмечается в весеннее время в период пыльных бурь, составляет 23 мкг/м<sup>3</sup> и 87 мкг/м<sup>3</sup>, соответственно. В последние годы активно развиваются разработки золотомедного месторождения Оюу-Толгой и угольного месторождения Таван-Толгой в южной части пустыни Гоби. В

связи с этим наблюдаются экстремально высокие концентрации РМ в отдельные месяцы на ст. Даланзадгад. Так например высокие концентрации аэрозолей РМ<sub>10</sub> и РМ<sub>2.5</sub> выявлены в октябре 2011 г. и июне 2012 г. Наибольшие концентрации данных фракций наблюдались в период с 24–30 октября 2011 г., когда аэрозольное загрязнение в 15 раз превысило предельно-допустимые концентрации, принятых в ЕС для фракций РМ<sub>10</sub> и в 28 раз для фракций РМ<sub>2.5</sub>.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 4.12.

*Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия*