

М.В. Вычужанина, Н.О. Плауде

### ЛЬДООБРАЗУЮЩИЕ СВОЙСТВА АНТРОПОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОГО АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ

Анализируются результаты измерений концентрации ледяных ядер, проведенных в промышленном регионе (Московская область) и экологически чистых районах Молдовы и бассейна оз. Байкал. Показано, что промышленное аэрозольное загрязнение атмосферы приводит к увеличению содержания в ней льдообразующих частиц. Такой же вывод следует из анализа влияния на концентрацию ледяных ядер промышленных источников аэрозолей.

Одним из возможных последствий влияния антропогенных загрязнений на атмосферный аэрозоль является изменение его льдообразующей способности. Результаты 25-летних измерений концентрации ледяных ядер, проведенных в Австралии Е. Биггом [1], заставляют опасаться начинающегося глобального снижения льдообразующей активности атмосферного аэрозоля. Такое снижение возможно вследствие дезактивирующего действия на льдообразующие частицы промышленных газов. Лабораторные исследования ЦАО показывают, что некоторые газы способны уменьшать концентрацию ледяных ядер более чем в 1,5 раза. В то же время можно ожидать увеличения содержания ледяных ядер в атмосферном воздухе с повышением общей концентрации аэрозоля, обусловленным промышленными выбросами. Таким образом, промышленные загрязнения способны не только повышать концентрацию ледяных ядер в атмосфере, но и снижать их льдообразующую активность. Суммарный эффект антропогенного влияния оказывается неоднозначным.

Для изучения изменений характеристик ледяных ядер (ЛЯ) в промышленном регионе в Центральной аэрологической обсерватории (20 км от Москвы) с 1987 г. проводятся периодические серии измерений концентрации ледяных ядер с одновременным измерением общей концентрации атмосферного аэрозоля и метеопараметров. Для исследования ледяных ядер используется 10-литровая облачная камера с регистрацией активирующихся ЛЯ (образующихся на ядрах ледяных кристаллов) с применением сахарного раствора [2]. Общая концентрация аэрозоля измеряется счетчиком Шольца (концентрация ядер конденсации – ЯК), а также электрическим анализатором TSI,3030 и счетчиком крупных частиц ПКЗВ-906.

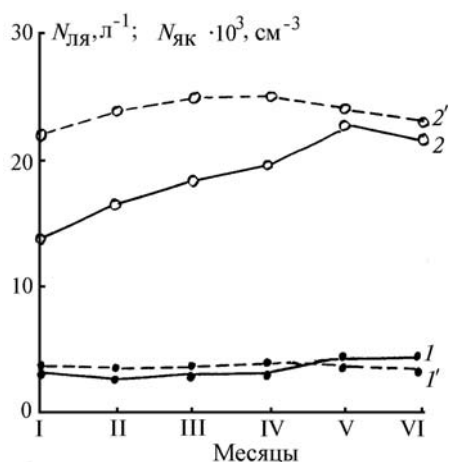


Рис. 1. Среднемесячные концентрации ледяных ядер (сплошные кривые) и ядер концентрации (пунктир) в Молдове (I, I') и Московской области (2, 2')

Сравнение полученных данных с результатами проводившихся ЦАО в 1977 – 1991 гг. измерений в сельскохозяйственном районе Молдовы [3] и серий измерений на оз. Байкал в 1991 г. [4] позволяет оценить различия льдообразующих характеристик атмосферного аэрозоля в регионах с разной степенью антропогенного аэрозольного загрязнения. На рис. 1 приведены усредненные за 4 года среднемесячные концентрации ледяных ядер и ядер конденсации в январе – июне в Московской области и в Молдове. В промышленном регионе средние концентрации ледяных ядер в 5 – 7 раз превышают уровень концентрации ЛЯ в сельском районе. Показательно то, что примерно такое же соотношение наблюдается для общей концентрации аэрозольных частиц в двух регионах. В промышленной Московской области средняя концентрация ЯК в 6 превышает концентрацию ЯК в Молдове. Относительное содержание ледяных ядер в атмосферном аэрозоле сохраняется в двух регионах на почти одинаковом уровне (таблица).

Отношение среднемесячных  $N_{\text{ЛЯ}}/N_{\text{ЯК}} \cdot 10^6$  в Московской области и Молдове

Район измерения	Месяцы					
	I	II	III	IV	V	VI
Московская обл.	0,58	0,70	0,74	0,79	1,0	0,95
Молдова	0,95	0,71	0,86	0,85	1,07	1,26

Концентрации ледяных ядер, близкие к измеренным в Молдове, были получены в июле 1991 г. в районе оз. Байкал. Средняя концентрация ЛЯ, измеренная методом фильтров, дающим в 2 – 3 раза более низкие значения концентрации, чем облачная камера, составила  $1 \text{ л}^{-1}$  [4]. Полная счетная концентрация атмосферного аэрозоля, по измерениям П.К. Куценого, в этот период равнялась  $5700 \text{ см}^{-3}$  [5].

Об одинаковой направленности антропогенного влияния на общую концентрацию атмосферного аэрозоля и концентрацию его льдообразующей компоненты свидетельствуют и данные о действии локальных промышленных источников атмосферных загрязнений.

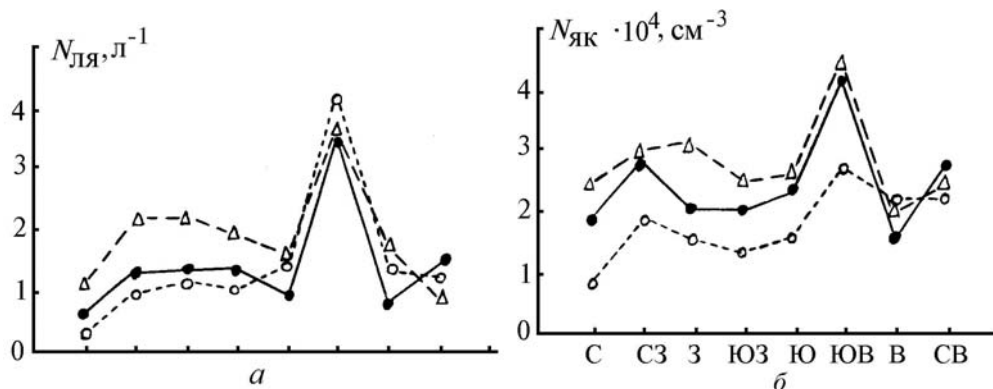


Рис. 2. Концентрации ледяных ядер (а) и ядер конденсации (б) в Долгопрудном в зимнем сезоне при различных направлениях ветра. Сплошные кривые – 1987 г., пунктирные кривые – 1992 г., штрихпунктирные – 1994 г.

На рис. 2 приведены концентрации ледяных ядер и ядер конденсации в месте расположения ЦАО в Московской области, полученные при различных направлениях ветра. Данные приведены для зимнего периода, когда благодаря снежному покрову уменьшается влияние подстилающей поверхности и в большей мере проявляется влияние удаленных источников. При юго-восточном ветре, совпадающем с направлением от промышленных районов Москвы, концентрации обоих аэрозолей (ЯК и ЛЯ) имеют максимум. При этом максимум концентрации ЛЯ имеет даже более выраженный характер.

Большие на порядок величины концентрации ледяных ядер наблюдались при приближении к промышленному Иркутску во время маршрутных аэрозольных измерений на оз. Байкал [4]. Исследование влияния локальных источников загрязнений на концентрацию ЛЯ в районе оз. Севан, проведенное с использованием вертолета, показало, что над некоторыми дымящими источниками аэрозолей концентрация ЛЯ может возрастать значительно больше, чем концентрация ЯК [6].

Таким образом, и результаты систематических измерений характеристик атмосферного аэрозоля в регионах различной промышленной загрязненности, и данные о влиянии локальных источников загрязнений свидетельствуют о том, что увеличение общей концентрации атмосферного аэрозоля, обусловленное антропогенным загрязнением атмосферы, сопровождается повышением концентрации в атмосфере льдообразующих частиц. Превышение среднего уровня концентрации ЛЯ в промышленных регионах достигает нескольких раз. Эффект увеличения общего содержания аэрозоля превалирует над влиянием газовых дезактиваторов. При возрастающем антропогенном загрязнении атмосферы можно ожидать скорее глобального увеличения содержания льдообразующих частиц в атмосфере, чем уменьшения их числа вследствие процессов дезактивации.

1. Bigg E. K. // Atmospheric Research. 1990. V. 25. N 5. P. 409 – 415.
2. Константинов П. Г., Вычужанина М. В., Грачев В. А. и др. // Гидрология и метеорология. Болгария, 1988. Т. 23. N 3. С. 63 – 67.
3. Potarov Ye. I., Zotov Ye. I., Plaude N. O. and Utkina G. V. // Nucleation and Atmospheric Aerosols. A. DEEPAK Publishing. 1992. P. 301.
4. Вычужанина М. В., Чурилова И. Л., Паршуткина И. П. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 8. С. 1077 – 1081.
5. Куценогий П. К. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 8. С. 1055 – 1059.
6. Власюк М. П., Вычужанина М. В., Паршуткина И. П. // Труды ЦАО. 1992. Вып. 177. С. 143–159.

Центральная аэрологическая обсерватория,  
г. Долгопрудный

Поступила в редакцию  
26 января 1996 г.

M. V. Vy chuzhanina, N. O. Plaude. **Ice-forming Properties of Anthropogenically Polluted Atmospheric Aerosol.**

Measurements of ice nuclei concentration in an industrial region (Moscow Region) and ecologically clean regions of Moldova and the basin of Lake Baikal are discussed. It is shown that the industrial aerosol pollution of the atmosphere leads to larger amounts of ice-forming particles in it. A similar conclusion follows from the analysis of the effect of local industrial aerosol sources on ice nuclei concentration.