

**Б.Д. Белан, Е.В. Покровский, Т.М. Рассказчикова, Г.Н. Толмачев**

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИМАТО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА TOR-СТАНЦИИ. Ч. IV. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГОРОДА**

Приводится оценка возможного влияния г. Томска на состав воздуха, контролируемого на TOR-станции. Для этого в июле 1993 г. был поставлен эксперимент по измерению тех же параметров в фоновых условиях. Показано, что город вносит вклад лишь по некоторым параметрам по сравнению с фоновыми условиями. В данных же TOR-станции воздействие выбросов города не обнаружено.

В предыдущих частях этого цикла приведены результаты годичного мониторинга метеовеличин, газового и аэрозольного состава воздуха на TOR-станции, расположенной в Академгородке г. Томска [1]. При их интерпретации не всегда удавалось корректно объяснить те или иные факты, выявившиеся в ходе обработки данных [2–4]. С одной стороны, это обусловлено сложностью самих атмосферных процессов, в ходе которых происходит в большинстве случаев суперпозиция различных механизмов. С другой стороны, близость промышленного города, каковым и является г. Томск, при интерпретации результатов требуется постоянно иметь в виду возможный антропогенный вклад его выбросов в тот или иной процесс. Настоящая статья посвящена оценке возможного влияния города на данные измерений.

Для реализации этой задачи в июле 1993 г. были организованы синхронные измерения на научной базе ИОА СО РАН в п. Киреевске параллельно с наблюдениями на TOR-станции. В ходе сравнительного эксперимента в п. Киреевске контролировались те же параметры, что и на TOR-станции. Кроме того, для анализа состава частиц отбирались пробы аэрозоля с тем же периодом, что и в [4]. Напомним, что п. Киреевск находится в 60 км западнее г. Томска, на берегу р. Оби. Поблизости нет крупных промышленных объектов. Можно полагать, что воздушная масса, прошедшая через п. Киреевск, затем окажется в районе г. Томска. По простоте концентрации можно будет оценить влияние города.

Обратимся вначале к временной изменчивости метеовеличин в указанных пунктах, приведенной на рис. 1. Из рисунка видно, что температура и влажность воздуха в обоих пунктах изменялись практически синхронно. Различия заключаются только в амплитудах суточных вариаций. Они несколько больше в п. Киреевске, что, по-видимому, обусловлено известным действием города как «острова тепла» [5]. Совпадают также тренды в сезонной изменчивости. Суточный ход влажности и температуры воздуха имеет противоположный ход. Таким образом, временной ход температуры и влажности в п. Киреевске и г. Томске подтверждает предположение о том, что воздушные массы поочередно проходят через оба пункта.

Вместе с тем ветровой режим в обоих пунктах оказался существенно различным (рис. 1, в). Скорость ветра в п. Киреевске оказалась значительно ниже, чем в районе г. Томска. Только в отдельные эпизоды 6, 7, 9, 14, 18, 27 июля наблюдались соизмеримые ее значения в обоих пунктах. Возможно два варианта объяснения данного факта. Первый вариант – это различная высота установки анемометров: 6 м в п. Киреевске и 6 м над крышей 4-этажного здания в г. Томске, что, учитывая большие градиенты в приземном слое, и дает такие различия в величине скорости. Второй вариант заключается в том, что вблизи больших рек может развиваться циркуляция по типу бризовой [6], которая нарушается только при смене воздушных масс. Если сравнивать части *a* и *в* рис. 1, то это предположение также находит подтверждение. Увеличение скорости ветра в п. Киреевске совпадает с моментом изменения знака тренда температуры воздуха, что обычно и характерно при смене воздушных масс [7].

Синхронность и близость амплитуды изменения в обоих пунктах зафиксированы также для счетной концентрации аэрозоля и оксида углерода. Ввиду незначительных различий между их концентрациями в г. Томске и п. Киреевске графики вариаций здесь не приводятся.

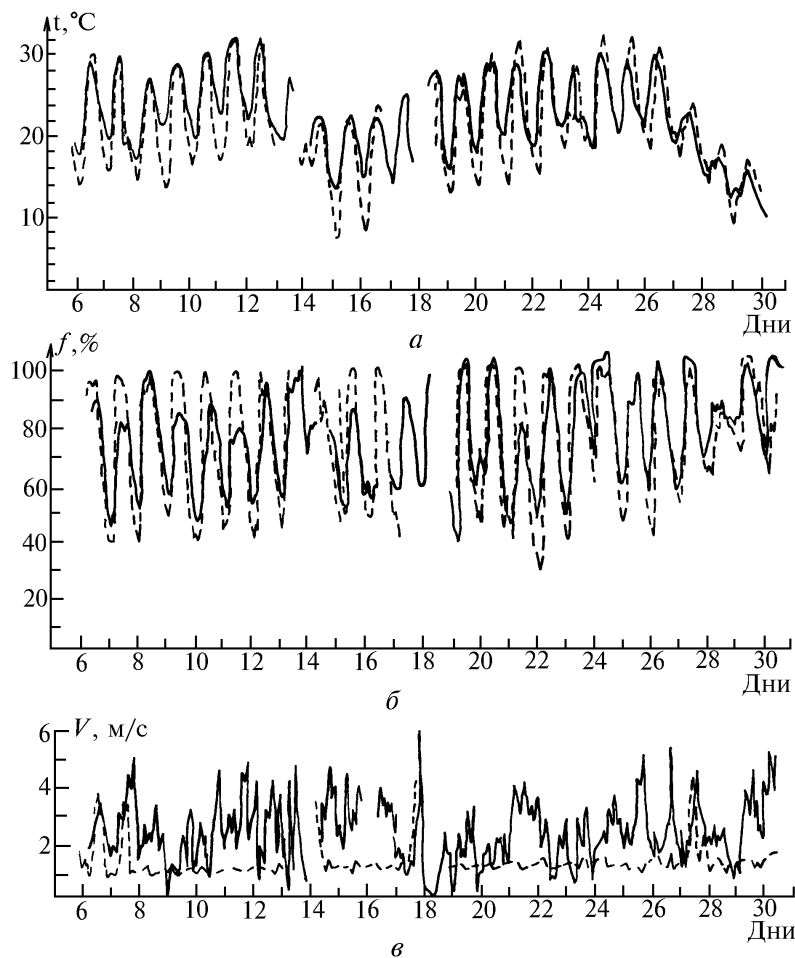


Рис. 1. Изменение метеовеличин в июле 1993 г. в г. Томске (—) и п. Киреевске (---): а – температура, б – влажность, в – скорость ветра

Остановимся на тех компонентах воздуха, которые имеют более существенные различия. Вначале рассмотрим графики временного хода озона, приведенные на рис. 2. Из этого рисунка видно, что концентрация озона в приземном слое воздуха в г. Томске значительно (от 2 до 7 раз) больше, чем в п. Киреевске. При этом их изменения синхронны. Это говорит о том, что приходящие в регион воздушные массы обогащаются озоном в районе города. Среднее за июль превышение составляет 3,2 раза. Очевидно, что генерация озона происходит по пути движения воздуха от п. Киреевска, через город, в район ТОР-станции. Происходит ли это в самом городе или в его окрестностях, рассмотрим чуть ниже.

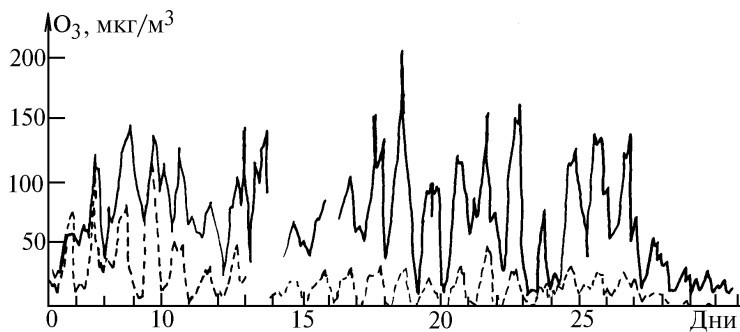


Рис. 2. Временная динамика концентрации озона в июле 1993 г. в г. Томске (—) и п. Киреевске (---)

Синхронность колебаний газов и аэрозоля говорит о том, что проведенные нами в [3, 4] оценки пространственных масштабов выполняются на расстоянии от п. Киреевска до г. Томска, равном 60 км.

Отобранные пробы частиц позволяют оценить, по каким элементам происходит обогащение аэрозоля при его переносе от п. Киреевска в г. Томск.

Химический состав аэрозоля (мкг / м<sup>3</sup>) в п. Киреевске и в г. Томске в июле 1993 г.

Элемент	Томск	Киреевск	Соотношение
pH	4,64 ± 0,63	4,89 ± 0,59	0,95
K <sup>+</sup>	0,08 ± 0,05	0,24 ± 0,07	0,33
Na <sup>+</sup>	0,06 ± 0,22	0,05 ± 0,06	12,00
Cl <sup>-</sup>	0,01 ± 0,003	0,01 ± 0,01	1,00
Br <sup>-</sup>	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,02	1,00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,05 ± 0,03	0,02 ± 0,01	2,50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,13 ± 0,12	0,03	-
F <sup>-</sup>	0,004	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,90 ± 1,19	2,58 ± 1,92	1,12
Zn <sup>2+</sup>	0,01 ± 0,006	0,009 ± 0,006	1,11
Cd <sup>2+</sup>	0,003 ± 0,002	0,001 ± 0,001	3,00
Hg <sup>2+</sup>	0,001 ± 0,001	0,0008 ± 0,0006	1,25
As <sup>5+</sup>	0,003 ± 0,003	0,008 ± 0,007	0,38
Mn	0,025 ± 0,010	0,015 ± 0,010	1,67
Fe	0,20 ± 0,14	0,13 ± 0,08	1,54
Cr	0,008 ± 0,001	0,005 ± 0,001	1,60
Pb	0,001 ± 0,001	0,0006 ± 0,0003	1,67
Mg	0,11 ± 0,03	0,08 ± 0,04	1,34
Ni	0,002 ± 0,001	0,001 ± 0,0004	2,00
Ti	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,02	0,80
V	0,0001 ± 0,0001	0,0001 ± 0,0001	1,0
Al	0,15 ± 0,06	0,10 ± 0,03	1,50
B	0,005 ± 0,004	0,0025 ± 0,0020	2,00
Ca	0,09 ± 0,03	0,10 ± 0,06	0,90
Si	0,14 ± 0,57	0,48 ± 0,40	0,29
Mo	0,0001 ± 0,0001	0,0002 ± 0,0001	0,50
Sn	0,0008 ± 0,0001	0,0005 ± 0,0002	1,60
Cu	0,0006 ± 0,0005	0,004 ± 0,002	0,15
	5,5926	3,9477	1,42

Из таблицы видно, что в среднем за месяц массовая концентрация аэрозоля в г. Томске выше, чем в п. Киреевске в 1,42 раза, и обогащение можно отметить для большинства из определенных компонентов. В то же время концентрация K<sup>+</sup> уменьшилась в 3 раза, As<sup>5+</sup> – почти в 3 раза, Si – более 3 раз, Mo – в 2 раза и Cu – в 6,5 раз. Неизменной или почти неизменной осталась концентрация Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Ti, V, Ca, что свидетельствует об отсутствии их мощных источников на пути перемещения воздушной массы. Заметно выросла концентрация Na<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Ni, B. Поскольку эти вещества обычно относятся к результатам антропогенной деятельности, то при синхронном изменении можно полагать, что увеличение их концентрации происходит под влиянием города.

Если обратиться к рис. 3, на котором показана июльская динамика ионов NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, то можно отметить, что эти аэрозольные компоненты в обоих пунктах имеют подобные кривые. Однако они не настолько синхронны, как графики для озона, температуры и влажности воздуха (см. рис. 1 и 2). Возможно, что это обусловлено большим усреднением при отборе проб аэрозоля, которое сглаживает суточный ход. Тем не менее из рис. 3, а следует, что добавка NO<sub>3</sub><sup>-</sup> имеет достаточно постоянную в течение всего месяца величину, что однозначно указывает на влияние города. Это же можно сказать и об Na<sup>+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Ni, B.

Отмеченное выше уменьшение концентрации K<sup>+</sup>, As<sup>5+</sup>, Si, Mo и Cu при переносе воздуха из п. Киреевска в район г. Томска, возможно, связано с изменением характера подстилающей поверхности. В частности, в районе п. Киреевска источником Si могут выступать песчаные берега р. Оби. А поскольку Si образует грубодисперсные частицы, то они быстро выводятся

из воздушного потока вследствие седиментации. В пользу такого механизма говорят и оценки пространственных масштабов полей грубодисперсного аэрозоля, выполненные в [4].

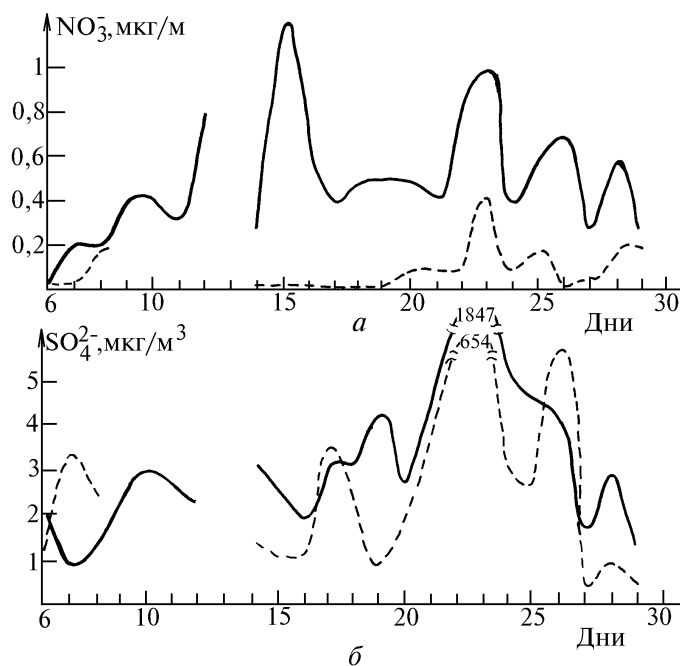


Рис. 3. Временной ход концентрации ионов  $\text{NO}_3^-$  (а) и  $\text{SO}_4^{2-}$  (б) в июле 1993 г. в г. Томске (—) и п. Киреевске (- - -)

Подводя итог этой части работы, отметим, что, по крайней мере в июле 1993 г., г. Томск вносил вклад в увеличение концентрации некоторых газовых и аэрозольных компонентов воздуха. Вместе с тем синхронность изменения основного большинства контролируемых параметров в п. Киреевске и на TOR-станции показывает, что станцией фиксируются и общециркуляционные процессы.

Непосредственное влияние города на измерение TOR-станцией должно проявляться через увеличение концентрации того или иного ингредиента при определенных направлениях ветра. В частности, поскольку станция расположена к востоку от города [1], то влияние города должно сказываться в первую очередь при ветрах, имеющих западную компоненту.

Анализ концентраций оксида и диоксида углерода, фиксируемых TOR-станцией при различных направлениях ветра, не показал сколько-нибудь значимых зависимостей. Концентрации же озона и аэрозоля оказались более зависимыми от направления переноса, причем аэрозольная компонента оказалась настолько изменчивой, что пока трудно говорить о каких-либо закономерностях. В каждый из месяцев для нее выявляется одно преимущественное направление переноса, которое случайным образом меняется в течение года. Озон в своем изменении более устойчив (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что в холодный период наибольшая концентрация озона фиксируется при юго-восточном, южном, юго-западном и западном направлениях, наименьшая – при северо-западном. Летом минимальные концентрации наблюдаются при ветрах с северными компонентами, а максимальное – при южной четверти и восточном направлении.

Такое изменение концентрации озона указывает на то, что нет прямой зависимости концентрации озона от переноса воздуха через город. Скорее всего, здесь проявляется действие общециркуляционных процессов. Ранее нами было установлено [8], что при прохождении холодных фронтов концентрация озона в приземном слое резко уменьшается, а в тылу теплых фронтов, наоборот, возрастает. Учитывая известную связь между прохождением фронтов и изменением направления ветра [7], а именно что теплые имеют южную компоненту, а холодные – северную, легко интерпретировать данные рис. 4.

Таким образом, анализ изменения газовых и аэрозольных компонентов на TOR-станции в зависимости от направления ветра не выявляет прямого воздействия выбросов города на их

концентрацию. По-видимому, влияние города оказывается более обширным, чем расстояние от его окраины до Академгородка.

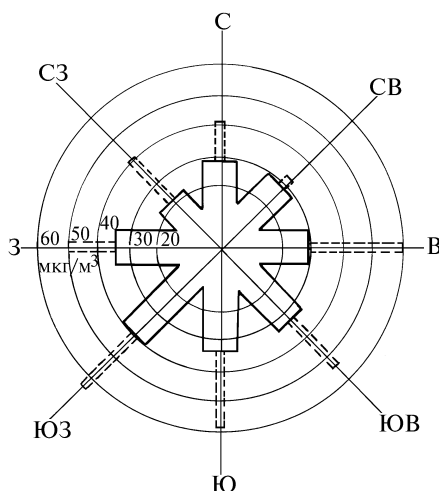


Рис. 4. Изменение концентрации озона ( $\mu\text{г}/\text{м}^3$ ) в зависимости от направления ветра:  $\square$  – холодный период;  $\text{---}$  – теплый период

Подводя итог всему циклу исследований в целом, можно сделать вывод, что проведенный мониторинг отражает по контролируемым параметрам изменчивость их на региональном уровне. Вместе с тем некоторые характеристики отражают влияние г. Томска и поэтому должны интерпретироваться с коррективами.

1. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Зуев В.В. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 8. С. 1085–1092.
2. Аршинова В.Г., Белан Б.Д., Рассказчикова Т.М. // Там же, 1995. Т. 8. N 5. С. 732–740.
3. Белан Б.Д., Мелешкин В.Е., Мелешкина И.Е., Толмачев Г.Н. // Там же, 1995. Т. 8. N 6. С. 875–884.
4. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Ковалевский В.К., Толмачев Г.Н. // Там же, 1995. Т. 8. N 8. С. 1185–1190.
5. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 639 с.
6. Бурман Э.А. Местные ветры. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 324 с.
7. Хромов С.П. Основы синоптической метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1948. 700 с.
8. Аршинова В.Г., Белан Б.Д., Рассказчикова Т.М. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1995. Т. 8. N 4. С. 625–631.

Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Томск

Поступила в редакцию  
21 июля 1994 г.

**B. D. Belan, E. V. Pokrovskii, T. M. Rasskazchikova, G. N. Tolmachev. Results of Climatic-Ecological Monitoring at TOR-station. 4. Estimate of Urban Effect.**

An estimate of possible influence of Tomsk town on the air content, monitored at the TOR-station, is presented in the article. An experiment on measurement of one and the same parameters under background conditions was conducted in July of 1993. A contribution of the town into some parameters variability as against the background conditions was shown. Data of the TOR-station monitoring fail to detect the influence of urban discharges.