

М.Ю. Аршинов, Б.Д. Белан, А.П. Плотников, Г.Н. Толмачев

## Об аномально высоких приземных концентрациях озона в районе г. Томска в зимний период

*Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск*

Поступила в редакцию 26.03.2001 г.

Рассматривается появление в районе г. Томска необычайно высоких концентраций озона ( $480 \text{ мкг/м}^3$ ), которые фиксировались в ночное время. Анализируя эти эпизоды по другим компонентам, обычно имеющим антропогенное происхождение, можно сделать вывод, что всплески приземной концентрации озона являются отражением техногенных выбросов.

Озон в приземном слое воздуха относится к одной из наиболее токсичных примесей воздуха, поскольку оказывает неблагоприятное воздействие как на биологические объекты, так и на элементы технологической среды. Поэтому по решению Всемирной метеорологической организации он включен в перечень 6 основных соединений, за которыми должен быть установлен постоянный контроль в населенных пунктах.

В районе г. Томска такой контроль установлен на TOR-станции ИОА СО РАН. Полное описание TOR-станции имеется в [1]. Для измерений используется озонметр 3-02П, разработанный и изготовленный предприятием ОПТЭК (г. С.-Петербург), который регулярно калибруется с помощью генератора озона ГС-2 того же предприятия. По мере необходимости озонметр и генератор поверяются во ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. Относительная погрешность этого озонметра в диапазоне  $5 \dots 1000 \text{ мкг/м}^3$  не превышает 15%.

Контроль приземной концентрации озона (ПКО) был начат в сентябре 1989 г. и продолжается по настоящее время. Измерения проводятся в районе Академгородка ежечасно и круглосуточно в автоматическом режиме. Результаты измерений за 10-летний период обобщены ранее в [2]. Было показано, что в период с 1990 по 1992 г. ПКО возрастала, а с 1993 по 1999 г. наметилась тенденция к ее уменьшению. Обычно в весенне-летние периоды, когда окружающая город растительность выбрасывает в воздух большое количество озонобразующей газовой органики, приводящей к появлению природных смогов [3], ПКО в пункте измерений не превышает  $240 \text{ мкг/м}^3$ .

Иногда в осенне-зимние периоды в ночное время, когда фотохимическая генерация озона отсутствует, наблюдаются ночные вторичные максимумы, превышающие дневные [2]. Поскольку максимум генерации озона приподнят над поверхностью земли [4], то логично предположить, что их появление обусловлено оседанием воздуха из вышележащих слоев. Этот вывод подтвердили и вертикальные профили концентрации озона, измеренные в разное время суток [2, 4].

Второй возможной причиной появления ночных максимумов мог стать перенос обогащенного озоном воздуха с территории г. Томска, где озон может генерироваться в ходе фотохимических процессов из антропогенных газовых выбросов. Эта гипотеза проверялась по синоптическим картам и по фактически наблюдаемому направлению ветра (на TOR-станции), но не нашла своего подтверждения. Однако результаты последних измерений, начиная с октября 2000 г., заставляют вновь вернуться к этой гипотезе. Оказалось, что в отдельные ночи приземная концентрация озона значительно

превышала дневные максимумы, а иногда и максимальную разовую ПДК. Поскольку генерация озона существенно зависит от концентрации озонобразующих веществ и интенсивности солнечной радиации, то она значительно слабее в холодное время [5]. Поэтому можно предположить, что рост ПКО в ночное время обусловлен переносом озона из мест, где имеются более благоприятные условия для его образования. По-видимому, таким местом является внутригородской воздушный бассейн, в который поступают в зимнее время не только выбросы автотранспорта, но и выбросы от котельных и печного отопления.

Эпизод одного из самых интенсивных повышений ПКО наблюдался 10–11 февраля 2001 г. Как видно на рис. 1, а, рост ПКО начался в 12 ч по местному времени. Он сопровождался изменением направления ветра с северного на юго-западное. Если обратиться к карте (рис. 2), на которой показано взаимное расположение города и пункта измерений в Академгородке, то хорошо видно, что при наблюдаемом направлении ветра воздух к пункту измерений поступает из южной части города. На рис. 1, а также видно, что дневной максимум ПКО был в 3 раза менее интенсивным, чем ночной, когда концентрация озона достигла  $480 \text{ мкг/м}^3$ . Уменьшение ПКО совпало с изменением направления ветра с юго-западного на южное и юго-восточное. На карте видно, что в этом случае перенос воздуха осуществляется, минуя территорию города.

Согласно сложившимся представлениям [6] ключевую роль в изменении ПКО играют фотохимические процессы, в ходе которых из метана, оксида углерода или газообразных углеводородов в присутствии оксидов азота и гидроксила под действием солнечного света образуются озон, альдегиды и другие химические соединения.

В нашем случае аномальное увеличение ПКО скорее всего было обусловлено антропогенными выбросами. Как видно на рис. 1, б, в самом начале процесса генерации озона концентрация диоксида азота возросла до  $38 \text{ мкг/м}^3$ . Это соответствует начальной фазе смогообразования, когда выбрасываемый антропогенными источниками оксид азота переводится в диоксид [4]. Затем баланс цикла  $\text{NO} - \text{O}_3 - \text{NO}_2$  нарушается, так как добавляются углеводороды, и концентрация  $\text{NO}_2$  убывает. Сернистый ангидрид обычно в генерацию озона большого вклада не вносит [4, 6]. На рис. 1, б изменение концентрации  $\text{SO}_2$  показало, что эта примесь в районе Томска природных источников не имеет. Поэтому по росту концентрации  $\text{SO}_2$  можно заключить, что скачкообразное увеличение ПКО было спровоцировано антропогенными выбросами, индикатором которых сернистый ангидрид и является.

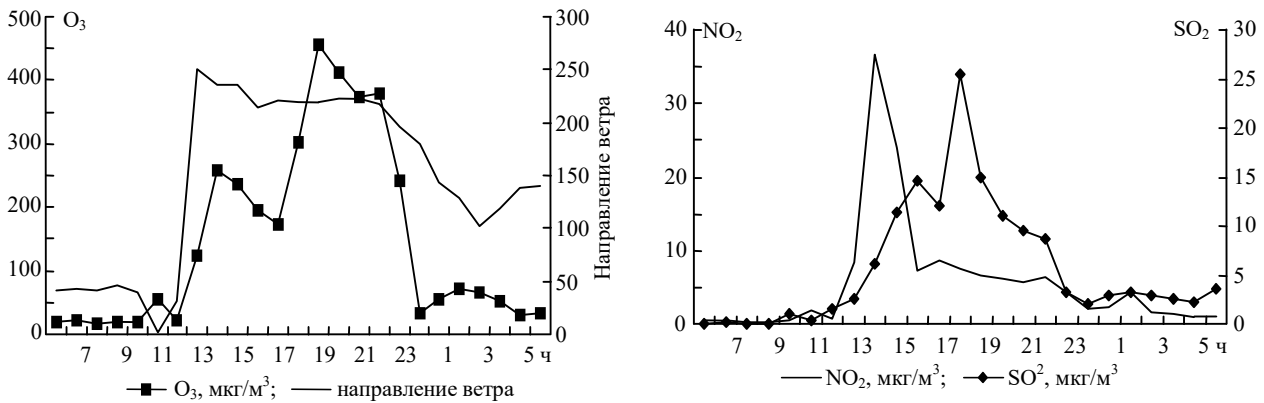


Рис. 1. Временной ход направления ветра, концентрации озона, диоксидов азота и серы 10–11 февраля 2001 г. Томский академгородок

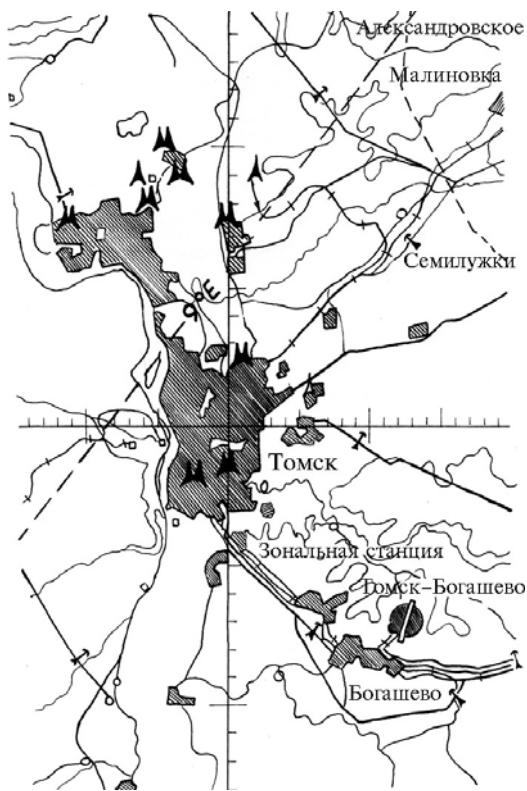


Рис. 2. Расположение пункта измерений относительно г. Томска

Для выяснения вопроса, является ли юго-западное направление ключевым для появления смоговых ситуаций, были рассмотрены другие случаи повышения концентрации озона, например в январе 2001 г. (рис. 3).

Из рис. 3 видно, что рост ПКО 7 января происходил при восточном ветре в утренние часы. На карте (см. рис. 2) в этом направлении отсутствуют какие-либо промышленные объекты, которые могли бы выбрасывать антропогенные озонаобразующие вещества. Такая же картина повторилась и 15 января. В третьем случае, 11 января, направление ветра снова было юго-западным. Во всех случаях увеличение концентрации  $O_3$  сопровождалось ростом  $SO_2$ , что говорит о явном антропогенном происхождении эпизодов. Важно подчеркнуть, что при

выраженном западном переносе всплесков повышение ПКО не зафиксировано.

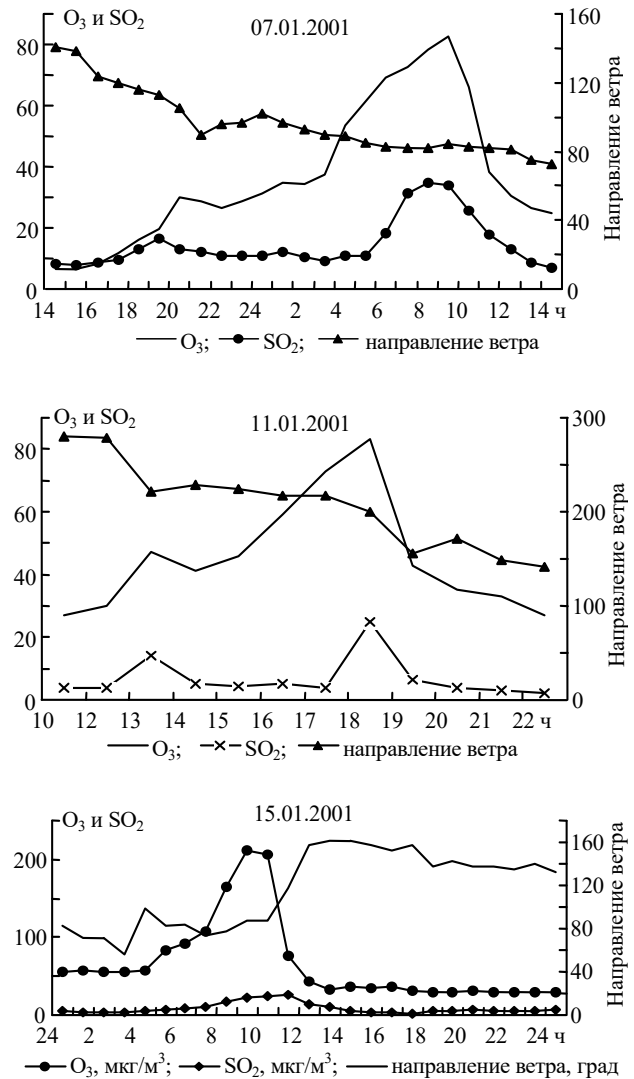


Рис. 3. Временной ход направления ветра, концентрации озона и диоксида серы в отдельные дни января 2001 г.

Если обратить внимание на время появления максимумов концентрации  $O_3$ , то видно, что при юго-западном переносе они появляются вечером, при восточном – утром. Во втором случае перенос происходит по более длинной траектории при условии, что источник выбросов один и достаточно мощный. В противном случае объяснить различия во временной задержке наступления максимумов ПКО невозможно. Этот вывод теоретически обоснован в [7]. Там же приведена схема циркуляции воздуха в районе г. Томска, которая показывает наличие локальных потоков в районе Академгородка при общем западном переносе.

В заключение подчеркнем, что появление высоких концентраций озона в районе г. Томска свидетельствует о появлении в городе источников, способных образовывать смог по типу лос-анджелесского. Поэтому необходимо ус-

тановить состав и источник выбросов для принятия природоохранных решений.

Работа выполнена по гранту РФФИ № 98-05-03161.

1. Аршинов М.Ю., Белан Б.Д., Давыдов Д.К. и др. // *Метеорология и гидрология*. 1999. № 3. С. 110–118.
2. Белан Б.Д., Скляднева Т.К., Толмачев Г.Н. // *Оптика атмосферы и океана*. 2000. Т. 13. № 9. С. 826–832.
3. Перов С.П., Хргиан А.Х. *Современные проблемы атмосферного озона*. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 288 с.
4. Белан Б.Д. // *Оптика атмосферы и океана*. 1996. Т. 9. № 9. С. 1184–1213.
5. Белан Б.Д., Скляднева Т.К. // *Оптика атмосферы и океана*. 1999. Т. 12. № 8. С. 725–730.
6. Crutzen P.J. // *Canad. J. Chem.* 1974. V. 52. № 8. P. 1569–1581.
7. Пененко В.В., Коротков М.Г. // *Оптика атмосферы и океана*. 1998. Т. 11. № 6. С. 567–572.

*M.Yu. Arshinov, B.D. Belan, A.P. Plotnikov, G.N. Tolmachev. About extraordinary high concentrations of near-ground ozone in the region of Tomsk in winter period.*

An appearance of extremely high concentrations of ozone ( $480 \text{ mg/m}^3$ ) at night time in the region of Tomsk in winter is under discussion. Analysis of such episodes relative to other air components, usually of anthropogenic origin, leads to the conclusion that the episodes of such an anomalous behavior of the ozone near-ground concentration are due to technogenic emissions.