

**М.Ю. Аршинов, Б.Д. Белан, В.В. Зуев, В.Е. Зуев, В.К. Ковалевский, А.В. Лиготский, В.Е. Мелешкин, М.В. Панченко, Е.В. Покровский, А.Н. Рогов, Д.В. Симоненков, Г.Н. Толмачев**

**TOR-СТАНЦИЯ МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ**

Статья посвящена описанию TOR-станции, созданной для мониторинга атмосферных параметров, включая газовый и аэрозольный состав воздуха. Дана географическая характеристика ее местоположения. Приведены некоторые результаты проведенного мониторинга.

В проблеме исследования климатообразующих факторов и их изменчивости центральное место занимает изучение пространственно-временной динамики метеовеличин, газовых и аэрозольных компонентов воздуха на протяжении длительного периода, которые в основном определяют радиационный режим атмосферы. На имеющейся сети станций мониторинга метеовеличины контролируются по программам, утвержденным Всемирной метеорологической организацией. Проблема мониторинга газов и аэрозоля находится в зачаточном состоянии. С одной стороны, для этого нет серийных, недорогих измерительных приборов. С другой стороны, учебные заведения не готовят специалистов в данной области. В результате среди атмосферных наук сведения о газах и аэрозоле занимают неадекватное их значению место.

С 1991 года ИОА СО РАН стал соисполнителем проекта TOR (Tropospheric Ozone Research) программы EUROTRAC (Европейский эксперимент по изучению переноса и трансформации важных для исследований окружающей среды малых газовых и аэрозольных компонентов в тропосфере над Европой). Томск выбран в качестве контрольной точки для европейских исследователей. Этому во многом способствовало его географическое положение. В особенности тот факт, что он расположен в зоне boreальных лесов.

Программа работ по TOR-проекту предполагает организацию постов мониторинга озона и компонентов озонового цикла. Имевшийся в Институте оптики атмосферы задел позволил создать в 1993 г. один такой пост. Он расположен на северо-восточной окраине Томского академгородка и, в зависимости от направления ветра, позволяет проводить измерения как в фоновых условиях, так и в условиях воздействия индустриального центра.

В настоящей статье дается описание указанного поста и приводятся некоторые результаты, полученные в ходе его эксплуатации. Пост получил название TOR-станции.

**1. Технические характеристики TOR-станции**

Пост измерения характеристик атмосферного аэрозоля, метеовеличин и некоторых газов был введен в действие в конце декабря 1992 г. и с тех пор функционирует непрерывно. Его структура показана на рис. 1, технические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Устройство	Измеряемый параметр	Диапазон	Погрешность, %	Постоянная времени, с
ГИАМ-15	CO, мг/м <sup>3</sup>	0,1...100	5	1
ГИАМ-15	CO, ppm	1...1000	10	1
3 – 02 П	O, мкг/м <sup>3</sup>	1...1000	15	1
A3-5	<i>N(r)</i>	0...1000	20	1
Метеосистема	12 каналов	0,2...5 мкм		
	<i>t</i> , с	-50...+50	0,1 с	1
	<i>f</i> , %	10...100	7	1 с...5 мин
	<i>d</i> , град	0...360	10	1
	<i>V</i> , м/с	0...40	10	1
ФАН	<i>a</i> (0,55 мкм)	0,001...1 км	7	1
РГА	гамма-фон, мкР/ч	1...1000	30	1

Из рис. 1 видно, что пост состоит из 7-ми измерительных блоков, информация с которых через крейт-КАМАК поступает на мини-ЭВМ ДВК-3М, где она нормализуется и записывается на магнитный носитель. Поскольку все измерители, входящие в состав поста, являются контактными, то в его состав введена система управления, которая предназначена для включения побудителей расхода газоанализаторов, аспирационных устройств метеосистемы, переключения измерительного и калибровочного режимов приборов. Включение и выключение самой системы происходит по соответствующей команде ЭВМ.

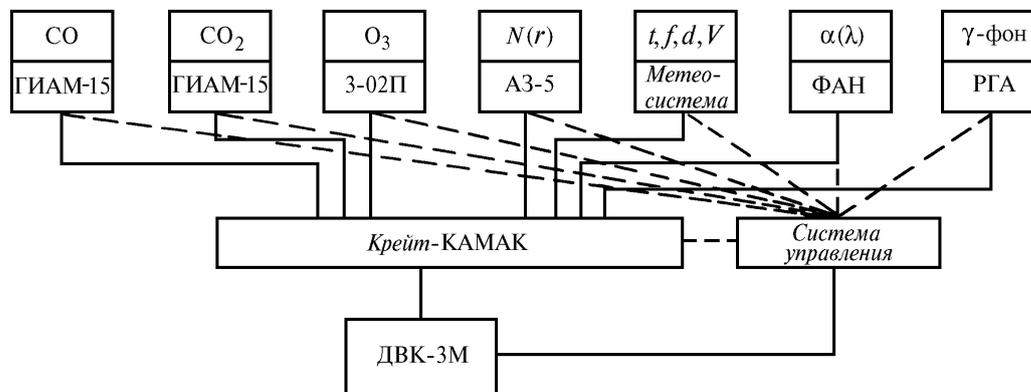


Рис. 1. Структурная схема поста атмосферного мониторинга (TOR-станция)

Работа поста организована следующим образом. За 5 мин до срока измерений системой управления включаются побудители расхода и аспирационные устройства приборов для продувки подводных коммуникаций. Затем производится снятие калибровочных характеристик. Процесс измерений, наступающий после проведения указанных подготовительных операций, продолжается в течение 10 мин, в это же время производится отсчет каждого параметра с частотой 1 Гц. Итоговый результат, фиксируемый ЭВМ, получается осреднением 600 разовых значений и расчетом среднеквадратического отклонения по ним для каждой измеряемой величины. Последнее необходимо для контроля исправности первичных преобразователей (уход нуля, разбаланс мостов и т.п.). Измеренные на посту характеристики, диапазоны регистрации, погрешности измерений приведены в табл. 1. Кроме них исследуются некоторые газы хроматографическим методом, постоянно по радио-каналам принимается синоптическая информация.

Измерение перечисленных в табл. 1 величин производится круглосуточно через каждый час. Пост в таком режиме функционирует с декабря 1992 года по настоящее время. Немногочисленные сбои возникали только из-за ненадежной работы ДВК-3. Однако ввиду отсутствия достаточного объема средств заменить ее в ближайшее время не представляется возможным.

Поступающая с поста информация заносится в специально созданную базу данных, включающую кроме результатов измерений также синоптическую характеристику периодов наблюдений, которая составляется по ранее разработанной нами методике.

## 2. Географическое положение поста

Важное значение имеет расположение поста мониторинга атмосферных параметров, так как оно определяет репрезентативность получаемых данных. В TOR-проекте предполагается исследование озона как в фоновых, так и в промышленных районах. Например, описываемый ниже пост 1 (рис. 2) в определенных условиях может выполнять обе функции.

При направлении ветра с юго-запада на север TOR-станция оказывается под влиянием воздуха, прошедшего через территорию г. Томска. Очевидно, что в этом случае на результаты измерений должно сказываться наличие на территории города выбросов автотранспорта и промышленных предприятий.

Если же ветер имеет направление от северо-восточного до южного, то на TOR-станцию поступает воздух из фоновых районов, в которых пока достаточно высок процент лесных массивов. К тому же поселки, расположенные в указанном секторе, не содержат на своей территории каких-либо предприятий.

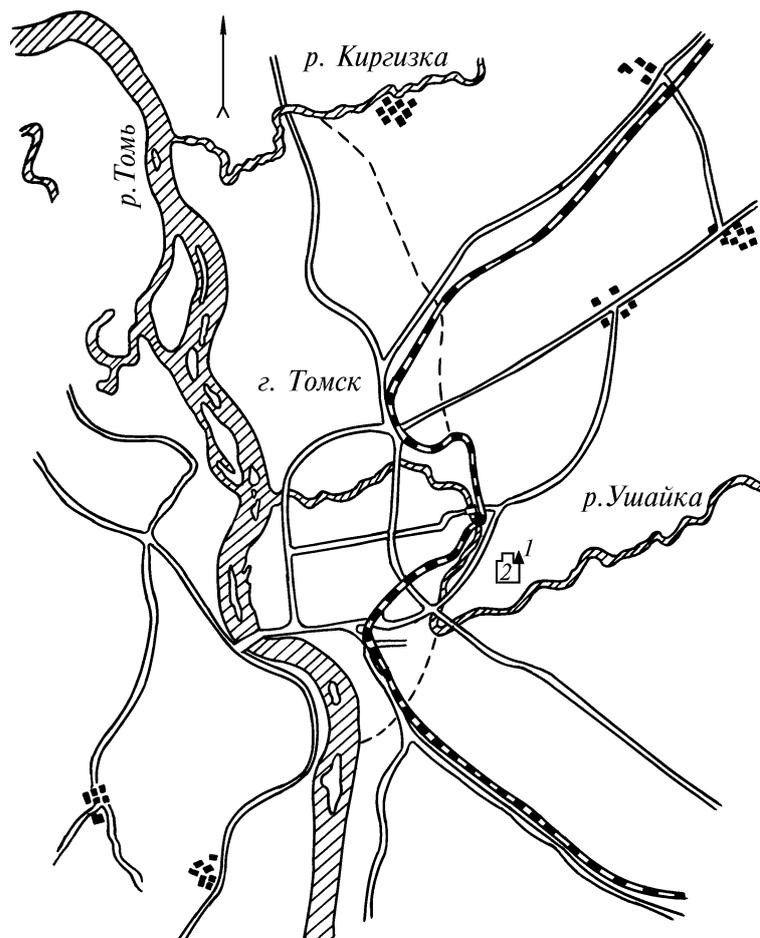


Рис. 2. Географическое расположение TOR-станции: 1 – TOR-станция; 2 – Академгородок, шриховая линия – граница городских массивов

TOR-станция находится в здании станции высотного зондирования ИОА СО РАН (рис. 2). В непосредственной близости от станции отсутствуют промышленные объекты и автомагистрали, что исключает наличие местных источников газов и аэрозоля. Вокруг станции имеются небольшие лесные массивы лиственных и хвойных пород, почва покрыта травой.

Метеодатчики станции расположены следующим образом. Датчики температуры и влажности установлены на штанге, вынесенной на 12 м от здания, на высоте 15 м от поверхности земли. Датчик скорости и направления ветра прикреплен на 10-метровой метеомачте на крыше здания, так что он оказывается значительно выше окружающих станцию деревьев. Заборники воздуха для газоанализаторов и аэрозольных приборов выполнены из тefлоновой трубки и выведены наружу. Забор воздуха осуществляется на высоте 15 м. Таким образом, можно считать, что здание станции не оказывает существенного влияния на показания приборов.

В настоящее время в рамках ГНТП <Сибирь> разворачиваются работы по организации климато-экологического мониторинга Сибири. По цели и задачам этот мониторинг близок к программе EUROTRAC. Поэтому описываемая здесь TOR-станция логически вписывается в его систему. Однако подобный мониторинг требует создания гораздо большего количества таких постов.

В развитие этой идеи планируется организация поста, аналогичного TOR-станции, на научной базе ИОА СО РАН на берегу р. Оби, вблизи п. Киреевска. Взаимное расположение постов показано на рис. 3. Учитывая, что в атмосфере преобладает западный перенос воздушных масс, можно полагать, что пост 1 на Оби будет фоновым по отношению к TOR-станции (2 на рис. 3). Более того, при определенных направлениях ветра воздух, прошедший через пункт 1, будет попадать в пункт 2. В этом случае можно оценить степень влияния г. Томска на изменение газового и аэрозольного состава воздуха.



Рис. 3. Схема расположения постов климато-экологического мониторинга

### 3. Некоторые результаты проведенного мониторинга

К моменту подготовки настоящей статьи в базе данных еще не полностью сформированы массивы для обработки результатов по всему периоду измерений. Поэтому приводятся лишь некоторые данные, полученные в ходе эксплуатации описанного поста, либо анализ более ранних экспериментов. На рис. 4 показана временная динамика изменчивости среднесуточных концентраций озона, оксида и диоксида углерода в период с 1 февраля по 15 мая 1993 г.

Видно, что концентрации всех газов подвержены изменениям с периодичностью, характерной для прохождения синоптических объектов. При этом их ход слабо коррелирует друг с другом.

Известно, что указанные газы являются загрязнителями воздуха, по двум из которых установлены соответствующие нормативы. На верхней и нижней частях рис. 4 горизонтальными отрезками нанесены среднесуточные предельно допустимые концентрации (ПДК) озона и оксида углерода, определяемые отечественными стандартами.

Видно, что уже в феврале концентрация озона в районе поста регулярно превышала ПДК. В марте и апреле это превышение составляло 2 ПДК, а в отдельные дни и 3 ПДК. Напомним, что измерения проводились в районе Академгородка, где отсутствуют промышленные выбросы и интенсивные потоки автотранспорта, которые бы способствовали образованию промышленного фотохимического смога. Последнее подтверждает временной ход концентрации оксида углерода (внизу, рис. 4), из которого видно, что ПДК за рассматриваемый период превышалась кратковременно всего 2 раза. Последующий анализ материала должен выявить: является ли такой временной ход результатом воздействия г. Томска на район измерений или это процесс образования естественного фотохимического смога вследствие близости больших лесных массивов, которые выделяют фитонциды – основу генерации озона.

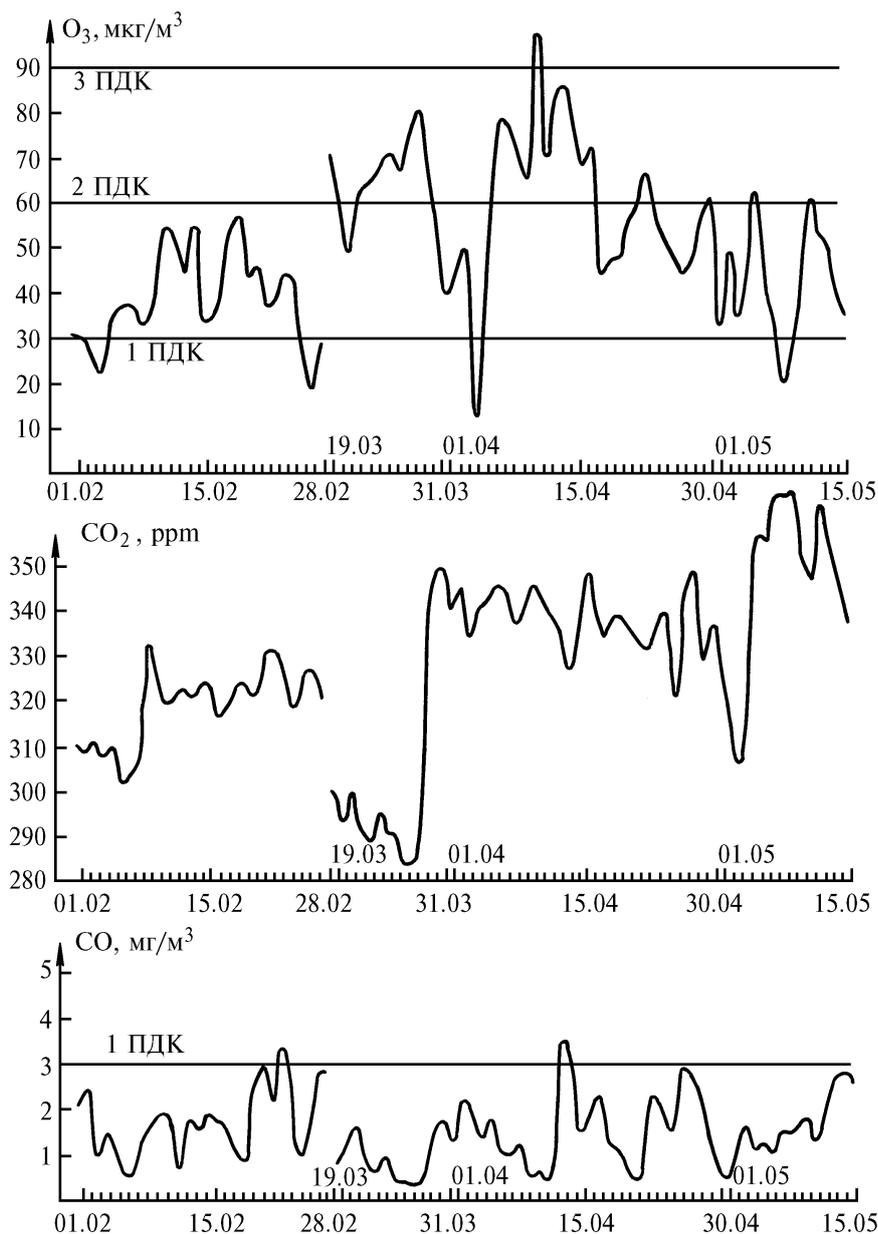


Рис. 4. Временной ход среднесуточной концентрации газов в г. Томске по данным TOR-станции

До создания поста мониторинга на этом же месте с сентября 1989 г. непрерывно ведется мониторинг концентрации приземного озона. Сопоставление предыдущих данных с результатами измерений в 1993 г. (рис. 5) выявляет некоторые особенности. Так, если в предыдущие годы концентрация озона изменялась по классическому принципу, то есть имела один максимум весной, в период с марта по май, то в 1993 г. можно выделить два отчетливых максимума: в марте и июле. Это объясняется тем, что начавшееся в марте интенсивное весеннее потепление сменилось затем продолжительным относительно холодным периодом, длившимся до середины июня. В результате такого процесса получилось две волны выбросов фитонцидов окружающими пост лесами. Первая в начале весны – хвойными породами и вторая в начале лета – лиственными породами деревьев.

В заключение остановимся еще на одном аспекте. Поскольку комплексный анализ материала еще предстоит, то в качестве первого приближения рассмотрим взаимосвязь изменчивости различных физических характеристик воздуха в течение этого года, которая представлена коэффициентами корреляции в табл. 2.

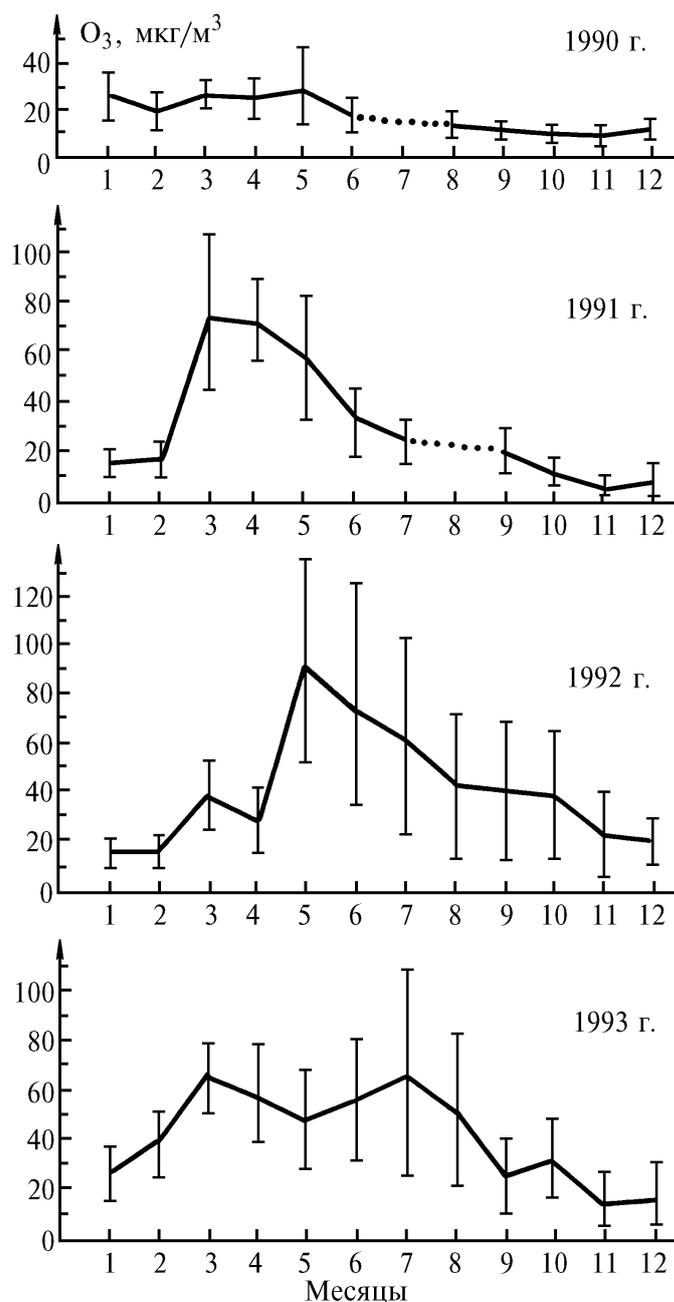


Рис. 5. Годовой ход концентрации озона в приземном слое воздуха

Из табл. 2 видно, что между вариациями различных метеовеличин и концентрациями газов в отдельные месяцы имеются достаточно высокие корреляционные связи. Причем у большинства из них они изменяются в течение года, иногда даже по знаку, как, например, между температурой воздуха и озоном, озоном и упругостью водяного пара. Это говорит о многообусловленности факторов каждого из них. Возможно, что характер связей зависит от сезонных условий. Однако для окончательных выводов нужно сравнить несколько сезонов. По-видимому, также велика роль циркуляционных процессов, о чем можно судить по высоким коэффициентам корреляции между скоростью ветра, другими метеовеличинами и газами.

В табл. 2 не вошли данные по оксиду углерода, так как за рассмотренный период значимых коэффициентов корреляции обнаружено не было. Причину такого хода концентрации оксида углерода еще предстоит выявить.

Коэффициенты корреляции между разными метеовеличинами

Месяц	$T, e$	$T, CO$	$T, O$	$CO_2, O$	$N, O_3$	$e, O_3$	$T, V$	$V, O_3$	$N, V$	$e, N$
I	0,96	-0,60	0,84	-0,70	-0,66	0,83	0,49	0,48	-0,24	-0,09
II	0,91	-0,35	-0,08	0,01	-0,14	-0,15	0,48	0,06	-0,47	-0,20
III	0,56	-0,16	-0,60	0,08	0,46	-0,62	0,63	-0,68	-0,54	-0,25
IV	0,66	-0,12	0,56	0,17	0,10	0,28	-0,06	0,11	-0,07	0,14
V	0,48	-0,19	0,91	-0,19	0,16	0,55	0,00	0,01	-0,09	0,14
VI	0,38	-0,50	0,46	-0,37	-0,27	-0,18	0,43	0,34	-0,24	-0,05
VII	0,68	-	0,65	-0,07	-0,05	0,31	0,04	0,08	-0,19	0,50

Примечания.  $T$  – температура воздуха,  $CO_2$  – диоксид углерода,  $O_3$  – озон,  $N$  – счетная концентрация аэрозоля,  $e$  – упругость водяного пара,  $V$  – скорость ветра.

В заключение укажем, что в настоящей статье описана только первая очередь TOR-станции, в дальнейшем намечено расширение набора измеряемых величин на описываемом посту. Оно будет проходить по двум направлениям. Предполагается включение в состав поста датчиков прямой и суммарной солнечной радиации, радиационного баланса, диффузионной батареи. Последняя позволит расширить диапазон размеров (до 2 нм) исследуемых частиц, что даст возможность изучать процессы преобразования газ-аэрозоль. Ведутся работы по расширению поста хроматографического определения концентрации газов озонового цикла, а также газов, имеющих антропогенное происхождение.

Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Томск

Поступила в редакцию  
5 апреля 1994 г.

M.Yu. Arshinov, B.D. Belan, V.V. Zuev, V.E. Zuev, V.K. Kovalevskii, V.E. Meleshkin, A.V. Ligotskii, M.V. Panchenko, E.V. Pokrovskii, A.N. Rogov, D.V. Simonenkov, G.N. Tolmachyov. **TOR-Station for Monitoring the Atmospheric Parameters.**

In this paper we describe a TOR-station constructed for monitoring the atmospheric parameters including, among others, gas composition and aerosol content. Geographical characteristics of the measurement site and some preliminary results of the monitoring are also given in the paper.