

Б.Д. Белан, Т.М. Рассказчикова

## Воздействие Томска на температурно-влажностный режим воздуха

Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 5.04.2001 г.

Выполнен анализ результатов наблюдений в Томске и Киреевске во время комплексных экспериментов летом 1997 и 2000 гг. и осенью 1999 г., из которого следует, что для существования острова тепла над городом прямое поступление тепла в атмосферу в ходе производственных процессов не является приоритетным. Его образование в большей степени обусловлено возникновением местной циркуляции, которая приводит к образованию над городом «шапки загрязнений».

В последнее время влияние человека на окружающую среду становится все более значимым. Особенно сильное воздействие оказывают крупные населенные пункты, где выбрасываются большие массы антропогенных примесей. Одним из видов загрязнения является тепловое, обусловленное двумя факторами: непосредственным выбросом тепла в ходе производственных процессов и транспортировкой энергии и дополнительным поглощением солнечной энергии антропогенными примесями, скапливающимися в атмосфере города. Механизмы теплового загрязнения довольно сложны, и роль каждого из факторов меняется в течение как суток, так и года.

Проблема теплового воздействия мегаполиса на окружающую среду достаточно давно обсуждается [1–4]. В данной статье описываются эксперименты по исследованию теплового загрязнения атмосферы относительно небольшим городом с числом жителей около 500 тыс.

Для исследования влияния города на метеорологические условия нами были проведены комплексные эксперименты в летние месяцы 1997 и 2000 гг. и осенью 1999 г. Идея этих экспериментов заключалась в следующем. В п. Киреевск Томской области и Академгородке были установлены автоматические метеостанции, которые осуществляли ежечасные синхронные измерения. Предварительно станции были сведены в одну точку для интеркалибровки. По итогам сравнения были рассчитаны переводные коэффициенты, позволяющие исключить различия в абсолютных величинах.

Кроме того, проводился анализ синоптических условий во время экспериментов по приземным и высотным картам, предоставленным Томским гидрометеоцентром. По картам уточнялось время прохождения фронтов через исследуемые пункты и выделялись случаи, когда оба пункта наблюдений находились в одной воздушной массе. Так как в нашем регионе преобладает юго-западный перенос, то воздушные массы поочередно проходят Киреевск (который в данном случае является фоновой станцией), а затем

через город Томск попадают в Академгородок. По разнице значений параметров в Томске и Киреевске были построены графики суточного хода разностей температуры, относительной влажности и упругости водяного пара для каждого из периодов (рис. 1).

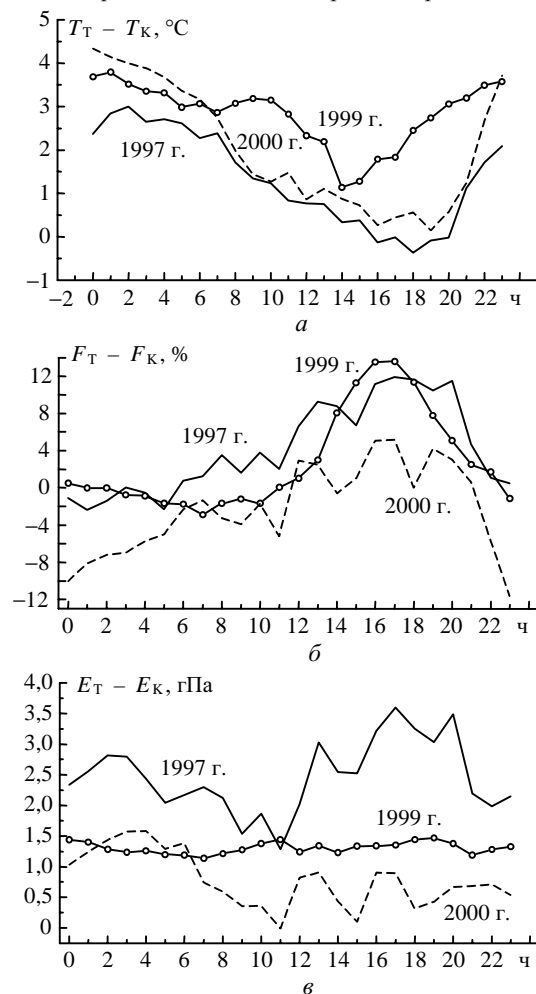


Рис. 1. Средний суточный ход разностей; а – температуры; б – относительной влажности; в – упругости водяного пара

Из рис. 1 видно, что имеется разница в показателях обоих пунктов, которая меняется в течение суток. Ночной максимум разностей температур скорее всего обусловлен особенностями городской циркуляции воздуха, в результате действия которой создается «шапка загрязнений» [4, 5]. Благодаря ей выхолаживание над городом происходит медленнее. Ночью на тепловое загрязнение оказывают суммарное воздействие оба фактора. Непосредственные выбросы тепла в связи с уменьшением интенсивности движения автотранспорта ночью меньше, чем днем, но оно рассеивается медленнее из-за замкнутой местной циркуляции. Вторым фактором являются сами антропогенные примеси, приводящие к парниковому эффекту.

Минимальные значения  $T_T - T_K$ , наблюдающиеся в дневное время, обусловлены тем, что «шапка загрязнений» в дневное время также выполняет двойную функцию. С одной стороны, накапливающиеся над городом загрязнения уменьшают поступающую солнечную радиацию, а с другой – способствуют нагреву воздуха под влиянием непосредственных выбросов тепла. Такое сочетание приводит к тому, что днем нагрев в городе и его окрестностях практически уравнивается. Если бы не было дополнительного прямого нагрева в дневное время, то температура воздуха в окрестностях города постоянно была бы выше и город в это время представлял бы собой остров холода. На самом деле превышение температур в Киреевске за все время наблюдений составило 11,2%, а в летнее время – 7,8%. Отсюда следует, что температура воздуха в городе преобладающую часть времени выше, и город в среднем остается островом тепла.

Несмотря на то что суточные амплитуды разностей исследуемых параметров осенью меньше чем летом, суточный ход их сохраняется, но несколько смещается время наступления минимальных значений.

Осенью суточный ход разностей упругости водяного пара практически отсутствует. В это время года начинает формироваться снежный покров, который приводит к выравниванию условий испарения в городе и его окрестностях, но благодаря тому, что источников поступления водяного пара в атмосферу в городе больше, разности  $e$  в течение суток положительны [2].

Отдельно мы исследовали влияние направления ветра на суточный ход разностей температуры и влажности в Томске и в Киреевске. По результатам летних экспедиций (большая статистическая обеспеченность) были построены следующие графики суточного хода этих параметров: для всего объема выборки; для случаев с восточной составляющей ветра, когда проходящий в Академгородок воздух минует город; для случаев с западной составляющей ветра, когда поступающий на ТОР-станцию воздух в той или иной степени проходит через город; для случаев с юго-западной составляющей ветра, когда воздух, проходящий на станцию, пересекает практически весь город (рис. 2). В итоге было получено, что независимо от направления ветра дневные значения разностей температуры стремятся к минимуму и кривые прак-

тически сходятся, а в ночное время максимальный разброс данных наблюдается около полуночи. Разности для относительной влажности и для упругости водяного пара при восточном ветре в любое время суток меньше, чем при западном, что скорее всего обусловлено некоторым уменьшением влияния города на влагосодержание.

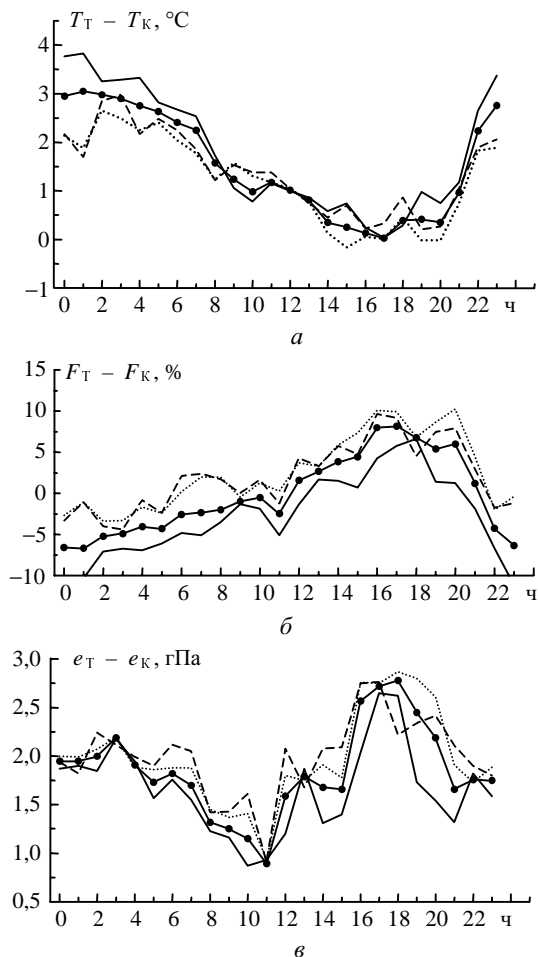


Рис. 2. Средний суточный ход разностей: *a* – температуры; *б* – относительной влажности; *в* – упругости водяного пара при различных направлениях ветра; ●—●—●— без учета направления ветра; ..... — с западной составляющей; ————— — с восточной составляющей; - - - - - с юго-западной составляющей

Так как влияние города можно выделить только в случае однородной воздушной массы, более внимательно рассмотрим результаты, полученные в отсутствие фронтальных разделов любого вида. В таблице представлены средние значения исследуемых параметров по годам, среднеквадратические отклонения, их крайние значения и число случаев.

Из таблицы видно, что средние разности температур Томска и Киреевска в летние месяцы либо не превышают 2 °С, либо близки к ним, а осенью они приближаются к 3 °С. Увеличение средних значений в осенний период происходит за счет уменьшения суточных амплитуд. Максимальные значения разностей

Показатели	1997 (август)		1999 (октябрь-ноябрь)		2000 (июль-август)	
	Всего	Без фронта	Всего	Без фронта	Всего	Без фронта
$T_T - T_K$ (сред.)	1,00	1,47	2,94	2,86	1,98	2,22
$\sigma$	1,24	0,75	0,90	0,73	4,91	4,91
Пределы изменений	-5,0÷9,5	-2,7÷6,3	-7,8÷9,5	-7,8÷8,4	-6,4÷8,4	-2,5÷8,4
Число случаев	559	273	683	416	724	565
$F_T - F_K$	4,18	3,48	3,16	2,47	-4,36	-3,06
$\sigma$	14,0	7,99	18,24	10,18	26,45	26,44
Пределы изменений	-26,9÷43,9	-19,4÷25	-32,8÷40,3	-14,9÷30,6	-42÷31,7	-42÷21,9
Число случаев	526	256	682	416	616	288
$e_T - e_K$	2,10	2,45	1,41	1,30	1,49	0,79
$\sigma$	1,13	0,05	0,85	0,12	0,69	0,89
Пределы изменений	-4,8÷9,2	-1,79÷7,5	-1,56÷6,23	-1,56÷2,93	-3,18÷5,27	-2,57÷4,46
Число случаев	523	256	681	414	612	283

в ночной период осенью близки к летним, в то время как минимальные значения на один градус выше.

Средние за период измерений разности как для относительной влажности, так и для упругости водяного пара сильно меняются год от года, и говорить об их сезонных величинах не приходится.

За все время экспериментов отдельные значения разностей температур для Томска и Киреевска менялись в широких пределах и, как видно из таблицы, при учете фронтов пределы изменений параметров несколько сокращались.

Наряду со средними значениями величин и пределами их изменений большой интерес представляет их повторяемость в различных интервалах. По данным экспериментов нами были построены графики повторяемости разностей температуры с интервалом  $0,5^\circ\text{C}$ , относительной влажности – 5%, упругости водяного пара – 0,3 гПа как для всего ряда измерений, так и для отдельных периодов (рис. 3).

На рис. 3, а представлена повторяемость различных интервалов  $\Delta T$  за все время наблюдений, а также за летний и осенний периоды. Видно, что в летний период основной максимум повторяемости разностей температур в Томске и в Киреевске приходится на интервал  $0,5 \pm 1^\circ\text{C}$ , а дополнительный – на  $5 \pm 5,5^\circ$ , в то время как весь период наблюдений характеризуется наличием двух почти одинаковых максимумов, приходящихся на интервалы  $0 \pm 0,5$  и  $2 \pm 2,5^\circ$ , и дополнительного –  $4,5 \pm 5$ . Разности температур Томска и Киреевска больше  $5^\circ$  наблюдаются в ночные часы в случаях, когда погодные условия определяются малоградиентным полем либо подвергаются воздействию антициклонов. В этих случаях «шапка загрязнений» над городом достигает максимального развития. При анализе соотношений между повторяемостью различных градаций разностей температур за все время наблюдений и осенью 1999 г. хорошо заметна разница в распределениях. Так как амплитуда суточного хода осенью меньше, то естественно, что разброс значений меньше и в основном колеблется в малом количестве интервалов. Осенью распределение приближается к нормальному с четко выраженным максимумом в интервале  $2,5 \pm 3^\circ\text{C}$ .

На рис. 3, б видно, что повторяемость различных градаций разностей относительной влажности  $\Delta F$  имеет практически одномодальный ход, и как на

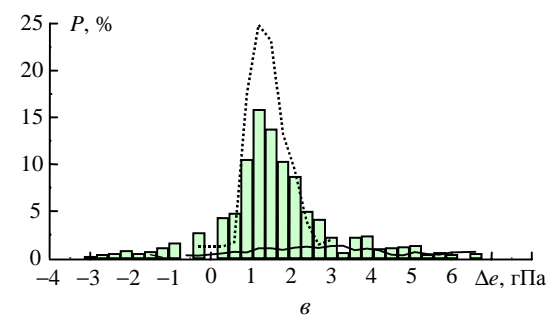
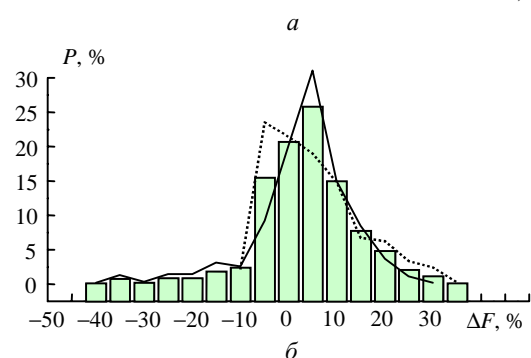
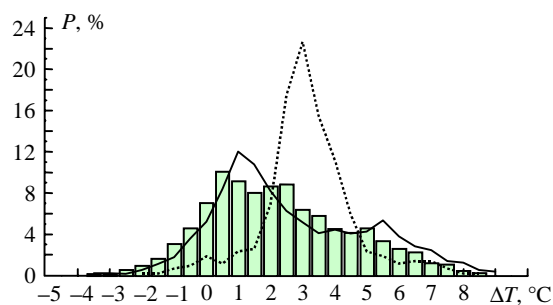


Рис. 3. Повторяемость различных интервалов разностей температуры, относительной влажности и упругости водяного пара в Томске и Киреевске: ■ – все время; — — — лето; - - - - - осень

протяжении всего периода измерений, так и в летний период наиболее часто повторяющиеся  $\Delta F$  находятся в интервале  $0 \pm 5\%$ . Осенью же максимум повторяемости сдвигается на интервал от 0 до  $-5\%$ . Так как относительная влажность в основном зависит от температуры воздуха и осенью практически все время в городе теплей, то и относительная влажность в это время там меньше.

Рис. 3, в показывает соотношение повторяемости различных интервалов разностей упругости водяного пара  $\Delta e$  для всего времени измерений, для лета и осени. Из рис. 3, в видно, что в летний период ход повторяемости  $\Delta e$  имеет размытую форму. Осенью максимальная повторяемость приходится на интервал  $1 \div 1,5$  гПа, потому что в течение суток разность упругостей водяного пара в городе и его окрестностях в среднем колеблется в этих пределах. Полученный результат не противоречит [2].

Хотя остров тепла над городом существует независимо от сезонов года, суточный ход  $\Delta T$  указывает на то, что прямое поступление тепла в атмосферу в ходе производственных процессов не является приоритетным, так как температура в городе ночью значительно выше, о чем и говорилось в [2]. Но в то же время, исходя из рис. 2, можно отметить, что так как Академгородок находится на окраине Томска, то при восточном ветре суточный ход  $\Delta T$  должен быть сглажен и разности температур на станции и

за пределами города в течение суток должны стремиться к нулю. На самом деле этого не происходит. Имеющийся суточный ход, по нашему мнению, подтверждает гипотезу о существенном вкладе «шапки загрязнений» в образование острова тепла над городом.

Работа выполнена на полигонах и установках Центра коллективного пользования «Атмосфера». Грант РФФИ № 00-05-72014.

1. Владимиров А.М., Ляхин Ю.Н., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. Л.: Гидрометеоздат, 1991. 424 с.
2. Матвеев Ю.Л., Меркурьева Н.А. // Оптика атмосферы и океана. 1997. Т. 10. № 10. С. 1181–1187.
3. Матвеев Л.Т. // Метеорология и гидрология. 1979. № 5. С. 22–27.
4. Пененко В.В., Коротков М.Г. // Оптика атмосферы и океана. 1998. Т. 11. № 6. С. 567–572.
5. Белан Б.Д. // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. № 4. С. 460–463.

*B.D. Belan, T.M. Rasskazchikova. Impact of Tomsk on temperature-humidity regime of urban air.*

The measurements obtained during complex experiments conducted in summer 1999, 2000, and in autumn 1999 in two points (Tomsk and Kireevsk) are under treating. The analysis has shown that the direct income of anthropogenically originated heat into the urban atmosphere is not a primary source of formation of «heat island». To a greater degree, the «aerosol hat» above the town is due to the local air circulation.