

Ю.Л. Матвеев, Н.А. Меркурьева

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА В БОЛЬШОМ ГОРОДЕ

Выполнен анализ наблюдений за температурой и влажностью воздуха в Санкт-Петербурге и его окрестностях. Рассчитаны плотность и функция распределения разностей давлений водяного пара Δe и температуры воздуха ΔT в Санкт-Петербурге и двух пунктах в его окрестностях. Анализ этих функций, построенных для дневного и ночного времени суток и двух сезонов года, равно как и статистической (корреляционной) связи между Δe и ΔT приводит к заключению об определяющей роли метеорологических факторов, прежде всего, изменения эффективного излучения под влиянием разности Δe , а также скорости испарения, в формировании поля температуры («острова» тепла) в большом городе.

В ранее опубликованных работах [1,2] достаточно детально исследованы особенности формирования термического режима большого города (на примере г. Ленинграда). В данной статье основное внимание уделено анализу поля влажности в Санкт-Петербурге и его окрестностях, влияния этого поля на режим температуры воздуха.

С целью установления связи полей влажности и температуры выполнен расчет разности метеорологических величин в Санкт-Петербурге и пунктах, удаленных примерно на 80 км к югу и северу от него. В основу расчета положены приземные наблюдения за 8 сроков в сутки в 1975–1979 гг. в Санкт-Петербурге и Белогорке и за 1977–1980 гг. в Сосново.

Объемы выборок, привлеченных для расчета статистических характеристик разностей метеовеличин (температуры воздуха T , давления водяного пара e и относительной влажности f), составляют: при сравнении с Белогоркой (Б) – 3608 зимой и 3680 летом, при сравнении с Сосново (С) – 1920 зимой (декабрь–февраль) и 2208 летом (июнь–август). При делении суток на две части к ночной половине отнесены наблюдения в 21, 00, 03 и 06 ч, к дневной – 09, 12, 15 и 18 ч.

Влажность воздуха

Режим влажности воздуха в Санкт-Петербурге существенно отличается от режима влажности в окрестностях. При сжигании всех видов топлива (уголь, нефть, газ, дрова), наряду с диоксидом и оксидом углерода (CO_2 и CO), другими газообразными и твердыми примесями, образуется значительное количество водяного пара: при сгорании 1 кг бензина – 1,3 кг, 1 кг природного газа – 1 кг, 1 кг сухих дров – 0,3 кг.

Естественно, что выброшенный в атмосферу водяной пар антропогенного происхождения увеличивает содержание его в воздухе. Немаловажную роль играет изменение характера подстилающей поверхности в городе, влияющей на скорость испарения воды. Сведения о разности Δe давлений водяного пара в Санкт-Петербурге и его окрестностях приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние сезонные значения разности $100 \cdot \Delta e$ (гПа): $\Delta e_1 = e_{\text{ПБ}} - e_{\text{Б}}$; $\Delta e_2 = e_{\text{ПБ}} - e_{\text{С}}$

| | Сезон | Время, ч | | | | | | | | Ночь | День | Сутки |
|--------------|-------|----------|-----|-----|-----|----|----|----|-----|------|------|-------|
| | | 00 | 03 | 06 | 09 | 12 | 15 | 18 | 21 | | | |
| Δe_1 | Зима | 35 | 32 | 32 | 33 | 29 | 21 | 34 | 33 | 33 | 29 | 31 |
| | Лето | 35 | 87 | 86 | -16 | -8 | -7 | -7 | -29 | 45 | -10 | 18 |
| Δe_2 | Зима | 27 | 27 | 30 | 30 | 26 | 19 | 27 | 26 | 28 | 23 | 25 |
| | Лето | 113 | 150 | 123 | 17 | 23 | 17 | 7 | 17 | 101 | 16 | 58 |

Зимой, когда условия испарения в городе существенно не отличаются от условий в окрестностях (земная поверхность покрыта снегом, травяной покров отсутствует), основную роль в изменении e играет антропогенный фактор. Вследствие этого во все сроки наблюдений содержание водяного пара зимой в городе больше, чем в окрестностях ($e_{\text{Пб}} > e_{\text{окр}}$; $\Delta e > 0$). В ночное время суток, в условиях преобладания инверсионного распределения температуры по высоте, ослабленной скорости ветра и турбулентного обмена, роль испарения летом так же, как и зимой, мала; поэтому ночью и в этот период года $\Delta e > 0$.

В дневные и вечерние сроки наблюдений, в условиях развитого турбулентного обмена, особенно летом, более существенную роль в формировании Δe начинает играть скорость испарения (турбулентный поток водяного пара с подстилающей поверхности). Эта скорость в городе меньше, чем в окрестностях: значительная часть осадков, выпавших в городе, сбрасывается в канализацию и не участвует в испарении, существенно меньше площадь растительного покрова и др. По этой причине разность Δe_2 в летний период днем и вечером в 5–15 раз меньше, чем ночью, а разность Δe_1 даже меняет (по сравнению с ночным) знак на противоположный ($\Delta e_1 < 0$). Обратим внимание на то, что любое ночное (00–06 ч) Δe больше любого дневного (12–18 ч) значения этого параметра.

Анализ повторяемости и функции распределения разности Δe (табл. 2) показывает, что зимой максимум повторяемости Δe_1 как ночью, так и днем приходится на интервал 0,25÷0,50 гПа, а максимум повторяемости Δe_2 – на интервал 0,00÷0,25 гПа.

Крайние значения Δe_1 заключены зимой между –3,0 и 7,0 гПа, Δe_2 – между –6,0 и 4,0 гПа. Летом максимум повторяемости Δe выражен менее четко, чем зимой. Разность Δe_1 летом наиболее часто встречается в интервалах 0,25÷0,50 гПа ночью и –0,25÷0,00 гПа днем, разность Δe_2 – в интервалах 0,75÷1,00 гПа ночью и 0,25÷0,50 гПа днем. Предельные значения Δe_1 заключены летом между –14 и 9 гПа, Δe_2 – между –4 и 5 гПа.

Вероятность положительных значений Δe , равная $1 - F(\Delta e \leq 0)$, зимой достаточно устойчива: ночью 75–78%, днем – 74%. Летом эта вероятность изменяется в широких пределах: ночью – от 62 до 81%, днем – от 46 до 56%.

Таблица 2

Повторяемость (число случаев – m) и функция распределения (F , %) разностей Δe_1 и Δe_2 ; н – ночь, д – день

| | | Интервалы Δe , гПа | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|----------------------------|---------|---------|-----------|--------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|-------|-----|-----|
| | | <-3 | -3 ÷ -2 | -2 ÷ -1 | -1 ÷ -0,5 | -0,5 ÷ -0,25 | -0,25 ÷ 0,0 | 0,0 ÷ 0,25 | 0,25 ÷ 0,50 | 0,5 ÷ 0,75 | 0,75 ÷ 1,0 | 1,0 ÷ 1,5 | 1,5 ÷ 2,0 | 2 ÷ 3 | >3 | |
| | | Зима | | | | | | | | | | | | | | |
| Δe_1 | н | m | – | – | 10 | 33 | 65 | 297 | 414 | 515 | 218 | 133 | 100 | 14 | 3 | 2 |
| | | F | – | – | 1 | 2 | 6 | 22 | 45 | 74 | 86 | 93 | 99 | 100 | 100 | 100 |
| | д | m | – | 1 | 6 | 40 | 81 | 327 | 427 | 436 | 233 | 143 | 83 | 14 | 2 | 1 |
| | | F | – | 0 | 0 | 3 | 8 | 26 | 50 | 74 | 87 | 94 | 99 | 100 | 100 | 100 |
| Δe_2 | н | m | 8 | – | 11 | 38 | 53 | 134 | 252 | 230 | 122 | 49 | 43 | 11 | 7 | 2 |
| | | F | 1 | – | 2 | 6 | 11 | 25 | 52 | 76 | 88 | 94 | 98 | 99 | 100 | 100 |
| | д | m | 2 | – | 5 | 30 | 67 | 138 | 254 | 199 | 128 | 65 | 38 | 25 | 4 | – |
| | | F | 0 | – | 1 | 5 | 12 | 26 | 53 | 74 | 87 | 93 | 98 | 100 | 100 | – |
| | | Лето | | | | | | | | | | | | | | |
| Δe_1 | н | m | 67 | 48 | 171 | 174 | 101 | 142 | 131 | 153 | 95 | 153 | 172 | 136 | 165 | 132 |
| | | F | 4 | 6 | 16 | 25 | 30 | 38 | 45 | 54 | 59 | 67 | 76 | 84 | 93 | 100 |
| | д | m | 77 | 120 | 253 | 236 | 110 | 193 | 116 | 148 | 86 | 122 | 139 | 85 | 103 | 52 |
| | | F | 4 | 11 | 24 | 37 | 43 | 54 | 60 | 68 | 73 | 79 | 87 | 92 | 97 | 100 |
| Δe_2 | н | m | 1 | 10 | 50 | 53 | 29 | 68 | 64 | 105 | 92 | 108 | 123 | 110 | 143 | 144 |
| | | F | 0 | 1 | 6 | 10 | 13 | 19 | 25 | 34 | 43 | 52 | 64 | 74 | 87 | 100 |
| | д | m | 9 | 41 | 115 | 155 | 68 | 96 | 65 | 111 | 84 | 76 | 103 | 72 | 62 | 46 |
| | | F | 1 | 4 | 15 | 29 | 35 | 44 | 50 | 60 | 67 | 74 | 83 | 90 | 96 | 100 |

Как следует из данных табл. 3, относительная влажность воздуха в Санкт-Петербурге во все сроки наблюдений, как зимой, так и летом, на несколько процентов меньше, чем в Сосново (поскольку все $\Delta f_2 < 0$). По сравнению с $f_{\text{б}}$ относительная влажность в Санкт-Петербурге летом также меньше, чем в Белогорке ($\Delta f_1 < 0$). Однако зимой $f_{\text{Пб}}$ на 1,0–1,5% больше $f_{\text{б}}$ ($\Delta f_1 > 0$).

Относительная влажность $f = e/E(T)$ зависит как от абсолютного содержания водяного пара e , так и от температуры воздуха (через посредство давления насыщенного пара E , зависящего от T). В большинстве случаев, как показывает табл. 3, определяющее влияние на f и $\Delta f = f_{\text{Пб}} - f_{\text{окр}}$ ока-

зывает температура воздуха: увеличение ее в Санкт-Петербурге ведет к понижению $f_{Пб}$ и отрицательным Δf . Только в зимний период увеличение $e_{Пб}$ по сравнению с e_B оказало определяющее влияние на Δf_1 .

Т а б л и ц а 3

Средние сезонные значения разности Δf (%): $\Delta f_1 = f_{Пб} - f_B$; $\Delta f_2 = f_{Пб} - f_C$

| | Сезон | Время, ч | | | | | | | | Ночь | День | Сутки |
|--------------|-------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | | 00 | 03 | 06 | 09 | 12 | 15 | 18 | 21 | | | |
| Δf_1 | Зима | 1,2 | 1,1 | 1,4 | 1,2 | 00 | 1,2 | 1,7 | 1,1 | 1,2 | 1,0 | 1,1 |
| | Лето | -8,6 | -7,9 | -6,8 | -5,7 | -2,0 | -0,7 | -1,1 | -4,3 | -6,9 | -2,4 | -4,7 |
| Δf_2 | Зима | -1,7 | -2,2 | -2,0 | -1,9 | -1,8 | -2,2 | -1,9 | -2,4 | -2,1 | -2,0 | -2,0 |
| | Лето | -7,4 | -6,0 | -5,0 | -4,6 | -2,6 | -2,3 | -3,2 | -6,0 | -6,1 | -3,2 | -4,6 |

Температура воздуха

Согласно данным табл. 4 средние значения разности $T = T_{Пб} - T_{окр}$ между температурами воздуха в Санкт-Петербурге и его окрестностях (T_B и T_C) во все сроки наблюдений, как зимой, так и летом, положительные ($\Delta T > 0$), т.е. город в среднем теплее своих окрестностей. При этом зимой разность ΔT сравнительно мало изменяется в течение суток: средние дневные ΔT_1 лишь на 0,5 °С, а ΔT_2 – на 0,3 °С меньше средних за ночь (хотя в отдельные сроки это уменьшение может быть и более значительным; так, ΔT_1 в 15 ч в 2 раза меньше, чем в 03 ч).

Т а б л и ц а 4

Средние сезонные значения (°С) разностей: $\Delta T_1 = T_{Пб} - T_B$; $\Delta T_2 = T_{Пб} - T_C$

| | Сезон | Время, ч | | | | | | | | Ночь | День | Сутки |
|--------------|-------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|
| | | 00 | 03 | 06 | 09 | 12 | 15 | 18 | 21 | | | |
| ΔT_1 | Зима | 1,7 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 1,3 | 0,9 | 1,2 | 1,6 | 1,7 | 1,2 | 1,5 |
| | Лето | 2,2 | 2,5 | 2,2 | 0,9 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | 0,6 | 1,9 | 0,3 | 1,1 |
| ΔT_2 | Зима | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,4 | 1,5 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 1,6 |
| | Лето | 2,6 | 3,1 | 2,3 | 1,1 | 0,9 | 0,7 | 0,9 | 1,2 | 2,3 | 0,9 | 1,6 |

Однако наиболее значительные изменения в течение суток ΔT претерпевает в летний период года: средние за день ΔT_1 на 1,6°С, а ΔT_2 – на 1,4°С меньше средних ночных. В отдельные же сроки дневные значения ΔT меньше ночных в 5–25 раз; значения разности ΔT_1 в 12–18 ч уменьшаются до 0,0÷0,2°С. В оба сезона года любое значение ΔT в ночные (00, 03, 06 ч) больше любого ΔT в дневные (12, 15, 18 ч) сроки наблюдений.

Т а б л и ц а 5

**Повторяемость (число случаев – m) и функция распределения (F , %) разности температур:
 $\Delta T_1 = T_{Пб} - T_B$ и $\Delta T_2 = T_{Пб} - T_C$: н – ночь, д – день**

| | | | Интервалы ΔT , °С | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|-----|---------------------------|---------|-----------|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | -3÷-2 | -2÷-1,5 | -1,5÷-1,0 | -1,0÷-0,5 | -0,5÷0,0 | 0,0÷0,5 | 0,5÷1,0 | 1,0÷1,5 | 1,5÷2,0 | 2,0÷3,0 | 3,0÷4,0 | 4,0÷5,0 |
| | | | Зима | | | | | | | | | | | |
| ΔT_1 | н | m | 41 | 45 | 59 | 77 | 150 | 189 | 263 | 270 | 154 | 175 | 113 | 62 |
| | | F | 4 | 7 | 10 | 14 | 22 | 33 | 48 | 62 | 71 | 81 | 87 | 90 |
| ΔT_2 | д | m | 53 | 48 | 75 | 89 | 140 | 215 | 258 | 248 | 175 | 163 | 113 | 69 |
| | | F | 5 | 8 | 12 | 17 | 25 | 37 | 51 | 65 | 74 | 84 | 90 | 94 |
| ΔT_2 | н | m | 18 | 20 | 45 | 43 | 51 | 100 | 120 | 108 | 92 | 116 | 90 | 44 |
| | | F | 4 | 7 | 11 | 16 | 21 | 32 | 44 | 55 | 65 | 77 | 86 | 92 |
| ΔT_2 | д | m | 29 | 26 | 27 | 45 | 60 | 94 | 102 | 113 | 121 | 112 | 112 | 76 |
| | | F | 6 | 8 | 11 | 16 | 22 | 32 | 42 | 54 | 67 | 78 | 78 | 86 |
| | | | Лето | | | | | | | | | | | |
| ΔT_1 | н | m | 23 | 15 | 45 | 40 | 104 | 146 | 197 | 222 | 218 | 313 | 219 | 136 |
| | | F | 3 | 4 | 6 | 9 | 14 | 22 | 33 | 45 | 57 | 74 | 86 | 93 |
| ΔT_2 | д | m | 75 | 60 | 109 | 145 | 229 | 241 | 274 | 208 | 179 | 140 | 56 | 19 |
| | | F | 9 | 12 | 18 | 26 | 38 | 51 | 66 | 77 | 87 | 95 | 98 | 99 |
| ΔT_2 | н | m | 12 | 13 | 14 | 25 | 49 | 78 | 114 | 134 | 133 | 249 | 143 | 68 |
| | | F | 2 | 3 | 4 | 6 | 11 | 18 | 28 | 40 | 52 | 80 | 89 | 92 |
| ΔT_2 | д | m | 22 | 36 | 48 | 63 | 82 | 144 | 178 | 156 | 128 | 145 | 61 | 30 |
| | | F | 3 | 6 | 11 | 16 | 24 | 37 | 53 | 67 | 79 | 92 | 94 | 97 |

Наряду со средними значениями представляют интерес сведения о повторяемости разности ΔT и ее функции распределения F – вероятности непревышения разностью ΔT верхней границы тех интервалов, на которые разбит весь интервал изменения ΔT . Согласно табл. 5 в зимний период года вероятности значений $\Delta T \leq 0$ по данным обоих пунктов близки между собой (23,6 и 21,5 %), при этом не наблюдается существенного различия между ночными и дневными $F(\Delta T \leq 0)$. Максимальная повторяемость ΔT зимой практически равновероятна в интервалах $0,5 \div 1,0$ и $1,0 \div 1,5^\circ\text{C}$; лишь днем максимум разности ΔT_2 смещен на интервалы $1,0 \div 1,5$ и $1,5 \div 2,0^\circ\text{C}$. Предельные значения ΔT_1 зимой заключены между $-3,0$ и $7,0^\circ\text{C}$, ΔT_2 – между -6 и 12°C .

Более разнообразно распределение ΔT летом. В этот период года ночью значительно реже наблюдаются отрицательные ΔT : в 14,2 и 10,9 % – для ΔT_1 и ΔT_2 соответственно. В то же время днем вероятности $\Delta T_1 \leq 0$ и $\Delta T_2 \leq 0$ составляют 38,1 и 23,8 %. Максимум повторяемости ΔT приходится на интервалы: $1,0 \div 1,5$ ночью и $0,5 \div 1,0^\circ\text{C}$ днем.

Связь режимов влажности и тепла

Как средние значения разности ΔT , так и распределение ее однозначно указывают на то, что город перегрет по сравнению с окрестностями более сильно ночью, чем днем. Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что в формировании острова тепла прямые выбросы тепла не играют определяющей роли, поскольку промышленность и особенно транспорт выбрасывают тепла именно днем значительно больше, чем ночью.

В [1] уже обращалось внимание на то, что основную роль в повышении температуры в городе играет изменение радиационного режима под влиянием атмосферных примесей. Приводимые в настоящей статье данные позволяют заключить, что важную роль в изменении радиационного, а через него и термического режима города играет то дополнительное количество водяного пара, которое образуется при сжигании различных видов топлива и затем выбрасывается в атмосферу.

Уже сопоставление средних значений разностей Δe и ΔT , приведенных в табл. 1 и 4, свидетельствует о том, что между этими величинами наблюдается достаточно тесная связь: переход, в пределах фиксированного сезона, от любого из ночных (00–06 ч) к любому из дневных (12–18 ч) сроков наблюдений, равно как переход от зимы к лету, при фиксированном сроке, сопровождается изменением в одну сторону как Δe , так и ΔT . Экстремальные значения Δe и ΔT наблюдаются или в одни и те же сроки, или в сроки, отличающиеся не более чем на 3 ч. Столь же тесная связь между Δe и ΔT следует из данных, приведенных в табл. 2 и 5. Так, значения $F(\Delta e \leq 0)$ и $F(\Delta T \leq 0)$ – вероятности всех отрицательных Δe и ΔT – в зимний период года как ночью, так и днем различаются не более чем на 1–4 %. Летом эти вероятности отличаются более существенно (разность их достигает 10–20 %). Однако и в этот период года переход от дня к ночи сопровождается изменением $F(\Delta e \leq 0)$ и $F(\Delta T \leq 0)$ в одну и ту же сторону.

С целью установления количественной связи между режимами влажности и тепла выполнен расчет коэффициентов корреляции r между Δe и ΔT . Согласно данным табл. 6 в зимний период года во все сроки наблюдений между ΔT_2 и Δe_2 отмечается достаточно тесная связь: значения r заключены между 0,55 в 15 ч и 0,72 в 03 ч.

В ночное время суток (00–06 ч) столь же тесная связь между ΔT_2 и Δe_2 сохраняется и летом. Однако в дневные часы (12–21 ч) связь между ΔT_2 и Δe_2 обратна ночной и очень слабая (поскольку коэффициенты корреляции меньше нуля и малы по модулю).

Выводы о тесной связи ΔT и Δe как ночью, так и днем в зимний период года и в ночные часы летом, а также об отсутствии этой связи в дневное время летом подтверждают данные табл. 7, в которой представлены значения r за каждый месяц 1977–1979 гг. и два месяца 1980 г.

Таблица 6

Коэффициенты корреляции (%) между ΔT_2 и Δe_2 в фиксированные сроки наблюдений. Январь 1977 г. – февраль 1980 г.

| Сезон | Время, ч | | | | | | | | Ночь | День | Сутки |
|-------|----------|----|----|----|----|-----|-----|----|------|------|-------|
| | 00 | 03 | 06 | 09 | 12 | 15 | 18 | 21 | | | |
| Зима | 64 | 72 | 71 | 65 | 65 | 55 | 58 | 55 | 66 | 61 | 63 |
| Лето | 39 | 68 | 72 | 29 | -1 | -10 | -21 | -7 | 43 | -1 | 21 |

Месячные коэффициенты корреляции (%) между ΔT_2 и Δe_2

| Время | Период наблюдений (год, месяц) | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|----|
| | 1977 | | | 1978 | | | 1979 | | | 1980 | |
| | I | II | XII | I | II | XII | I | II | XII | I | II |
| Ночь | 59 | 60 | 68 | 57 | 58 | 79 | 62 | 58 | 74 | 64 | 74 |
| День | 55 | 59 | 62 | 50 | 58 | 73 | 58 | 50 | 78 | 55 | 62 |
| Сутки | 57 | 60 | 65 | 54 | 58 | 76 | 60 | 54 | 76 | 60 | 68 |
| | VI | VII | VIII | VI | VII | VIII | VI | VII | VIII | | |
| Ночь | 49 | 54 | 59 | 32 | 16 | 45 | 46 | 48 | 47 | – | |
| День | –2 | 1 | 5 | –3 | –11 | 1 | 3 | 0 | 5 | – | |
| Сутки | 23 | 28 | 32 | 14 | 3 | 23 | 25 | 24 | 26 | – | |

Оценим еще погрешность определения коэффициентов корреляции в табл. 6 и 7. Объем выборки N для фиксированного срока (см. табл. 6) колеблется между 330 зимой и 276 летом. Согласно известной формуле для среднего квадратического отклонения

$$\sigma_r = (1 - r^2) / \sqrt{N} \quad (1)$$

получаем следующие оценки погрешностей r , приведенных в табл. 6: $2,7 \leq \sigma_r \leq 3,9$ % зимой и $2,9 \leq \sigma_r \leq 5,1$ % в ночные сроки летом. Значения σ_r для ночи и дня в 2 раза, а для суток в 2,8 раза меньше этих оценок.

Объем выборки для ночи и дня фиксированного месяца (см. табл. 7) колеблется между 112 в феврале и 124 в январе, июле, августе и декабре. На основании (1) имеем следующие оценки σ_r для r , представленных в табл. 7: $3,4 \leq \sigma_r \leq 7,1$ % в зимние (ночью и днем) и $5,8 \leq \sigma_r \leq 8,8$ % – в летние (ночью) месяцы.

Приведенные данные о разностях ΔT и Δe указывают на то, что между полями температуры и влажности существует достаточно тесная связь. Однако сам по себе водяной пар не оказывает влияния на поле температуры. Влияние его проявляется через изменение эффективного излучения земной поверхности. Оценка по любой из известных формул (Онгстрема, Брента) или с помощью радиационных диаграмм приводит к заключению, что при тех значениях Δe , которые приведены в табл. 1 и 2, создается разность ΔB эффективных излучений в городе и его окрестностях, под влиянием которой формируется разность ΔT температур, вполне сравнимая с наблюдаемой (см. табл. 4 и 5).

Приведем конкретные примеры. Так, 13 февраля 1976 г. в Сосново давление водяного пара было очень низким (0,25–0,45 гПа), вследствие этого температура воздуха в течение ночи (от 00 до 06 ч) понизилась на 5,5°C (от –28,6 до –34,1°C). В этом же пункте 7 января при $e \sim 0,70$ –0,85 гПа температура понизилась за ночь на 2°C (от –22,0 до –24,0°C), а 4 января при $e \sim 1,40$ –1,50 гПа – только на 0,5°C (от –15,4 до –15,9°C). При этом погода все эти дни была малооблачной и тихой (скорость ветра менее 1 м/с, что практически исключало влияние адвекции на изменение температуры).

Из этих данных следует, что увеличение давления водяного пара на 0,5–1,0 гПа способно обусловить такое изменение эффективного излучения, которое приводит к уменьшению разности температур (в данных примерах – во времени) на несколько градусов. Совершенно естественно, что такого же порядка величины пространственная разность давлений пара способна обусловить разность температур в несколько градусов между городом и его окрестностями.

Заключение

В формировании поля влажности в городе существенную роль играют как антропогенные факторы (увеличение массы пара при сжигании различных видов топлива), так и уменьшение, по сравнению с окрестностями, скорости испарения с подстилающей поверхности. Поле влажности оказывает определяющее влияние на радиационный режим, прежде всего на эффективное излучение земной поверхности, а через него – на формирование «острова» тепла: разности температур между городом и его окрестностями.

Особо подчеркнем, что учет влияния разности Δe на ΔT впервые позволяет указать основную причину формирования острова холода – отрицательных значений ΔT , вероятность кото-

рых колеблется от 11 до 38 %. Наличие отрицательных ΔT особенно убедительно опровергает все еще встречающиеся в литературе утверждения об образовании «острова» под влиянием прямых выбросов тепла антропогенного происхождения.

1. Матвеев Л. Т. // Метеорология и гидрология. 1979. N 5. С. 22–27.

2. Матвеев Ю. Л., Матвеев Л. Т. // Оптика атмосферы и океана. 1994. Т. 7. N 2. С. 244–249.

Российский государственный гидрометеорологический институт,
г. Санкт-Петербург

Поступила в редакцию
30 января 1997 г.

Yu. L. Matveev, N. A. Mercurieva. Peculiarities of Formation of Temperature-Humidity Regime in a City.

An analysis of observational data on the air temperature and humidity in St. Petersburg and its neighbourhoods is presented. The density and distribution functions for the temperature (ΔT) and water vapor pressure (Δe) difference between St. Petersburg and two points in its neighbourhoods were calculated. An analysis of these functions constructed for day and night and two seasons of a year and statistical correlations between Δe and ΔT lead to the conclusion that the meteorological factors play the main role in formation of temperature field («island» warm) in the city.