



Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

Bởi:

PGS. TS. NGUYỄN Phạm Văn Huân

Mở đầu

Sự ô nhiễm khí quyển các thành phố bởi những tạp chất nguồn gốc nhân tạo (nhân sinh) đã được nhận thấy sớm hơn nhiều so với những biến đổi của các đặc trưng trạng thái khác của khí quyển các thành phố. Thật vậy, ngay từ thế kỉ I sau công nguyên, nhà triết học La Mã nổi tiếng Seneca đã viết: Tôi đã cảm thấy sự thay đổi tinh thần ngay sau khi rời bỏ cái không khí hôi hám của thành Rim, khét mùi khói bếp ngọt ngào và mờ hóng”. Bắt đầu từ những thế kỉ trung cổ, Luân đôn đã trở nên đáng buồn. Và mặc dù các vị quân vương đã đưa ra một số chỉ dụ (các năm 1273, 1306, 1533) cấm đốt than, nhưng bầu không khí Luân đôn vẫn tiếp tục ô nhiễm. Năm 1661, nhà tự nhiên học nổi tiếng người Anh đã viết: “Trong khi tại tất cả những nơi khác, không khí trong sạch, thì màn mây xám ngắt lơ lửng trên bầu trời Luân đôn, Mặt Trời khó mà le lói trên thành phố: Người lữ hành tới đây sau nhiều dặm đường khó mà nhận ra thành phố ngoài những mùi và mùi”.

Nếu như ở kỉ nguyên trước công nghiệp, chỉ một số ít thành phố lớn nhất bị ô nhiễm, thì bắt đầu từ thế kỉ trước, những thành phố như vậy trở nên ngày càng nhiều. Ngày nay, ở tất cả những thành phố với dân cư vài trăm nghìn người, nhất là hơn vài triệu người, do ảnh hưởng của phát thải nhân sinh, đã hình thành một màn mây tạp chất dưới dạng cột khói bao trùm thành phố. Màn mây này (độ cao từ vài trăm mét tới 1?2 km) thường dễ nhận ra trong khi bay trên máy bay hoặc nhìn từ những nơi cao ở ngoại ô thành phố (thí dụ nhìn từ sân thượng Pulkovo ở Leningrat). Chúng tôi nhấn mạnh một thực tế lý thú. Người ta biết rằng từ trên tàu vũ trụ thì các đối tượng như đường xá, sông suối, cánh đồng nhìn rõ hơn là từ các độ cao nhỏ và trung bình (một nhà du hành vũ trụ Mỹ viết rằng từ vũ trụ thậm chí đọc được số hiệu xe hơi đứng ở vùng nông thôn). Điều này là do trên các độ cao lớn không có ánh sáng tán xạ, còn ở các độ cao nhỏ và trung bình thì ánh sáng này đi tới mắt người quan sát, làm giảm độ tương phản rọi giữa đối tượng và

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

nền. Vì lý do này mà từ dưới hầm mỏ hay giếng sâu ban ngày có thể nhìn thấy những ngôi sao.

Nhưng không một nhà du hành hay nhà thiên văn nào có thể quan sát từ vũ trụ một đối tượng nào đó (thậm chí đại lộ) trong một thành phố lớn - tất cả bị che khuất bởi đám mây tạp chất trên trời, trong các tấm ảnh chụp từ các tàu vũ trụ đám mây này có dạng một vết mờ mờ.

Các chất ô nhiễm từ những nguồn khác nhau nhập vào bầu không khí thành phố kết hợp với sự biến đổi các tính chất của bề mặt đất (độ gồ ghề, độ dẫn nhiệt, albedo...) và những nguồn nhiệt trực tiếp tỏa ra, có ảnh hưởng ngược mạnh mẽ tới chế độ vi khí hậu và tiểu khí hậu của thành phố và vùng ngoại ô của nó. Dưới tác động của những nhân tố này, trong thành phố đã diễn ra những biến đổi nhất định trong các trường nhiệt độ và độ ẩm không khí, tốc độ gió, bức xạ, tầm nhìn xa, lượng mây, điều kiện thành tạo mây và sương mù (được nhận thấy không chỉ theo dữ kiện quan trắc bằng dụng cụ, mà nhiều khi bằng quan sát chủ quan). Ta sẽ phân tích các kết quả quan trắc và giải thích những nhiễu động trong các trường yếu tố khí tượng so với vùng tự nhiên bao quanh (nơi không bị ô nhiễm bởi các tạp chất nhân sinh).

Nhiệt độ không khí. Đảo nhiệt

Sự khác biệt của nhiệt độ không khí trong thành phố với nhiệt độ không khí ở các vùng ngoại ô có lẽ do một nhà khoa học người Anh Look Howard nhận thấy lần đầu tiên năm 1820. Ông này đã viết cuốn sách đầu tiên về khí hậu thành phố. Theo số liệu quan trắc các năm 1807-1816, ông đã xác định được rằng hiệu số giữa nhiệt độ không khí trung bình tháng (ΔT) ở Luân đôn và các vùng ngoại ô dao động giữa 1,2 °C (tháng 11; các tháng 9 và 1 cũng có các giá trị gần như vậy) và 0,27 °C (tháng 5). Hiệu này lớn hơn vào ban đêm (gần 2 °C), còn ban ngày, theo dữ liệu của Howard, trong thành phố lạnh hơn so với ở ngoại ô khoảng 0,2 °C.

Với một thủ đô khác ở châu Âu - Pari - những dẫn liệu về chế độ nhiệt chỉ được công bố vào năm 1868. Renault đã viết: "... trong bầu khí quyển mù khói và amiac này, nhiệt độ không khí chắc phải cao hơn so với các làng quê xung quanh Pari". Theo số liệu của ông, giá trị trung bình ΔT gần bằng 1 °C. Renault lần đầu tiên đã nhận ra rằng "các thành phố là tron biến trình nhiệt độ, làm giảm biên độ dao động nhiệt độ, đặc biệt là những nhiệt độ cao nhất. Hiệu ứng này dễ nhận thấy nhất trong thời gian giá lạnh buổi chiều của ngày thời tiết lặng gió quang mây, nhất là khi có khói mù bao trùm thành phố". Đây là một nhận xét rất quan trọng, vì nó chỉ ra nhân tố chính hình thành hiệu nhiệt độ ΔT - độ khác biệt về mất nhiệt bức xạ bởi mặt đất trong thành phố và ở ngoại ô. Điều lý thú là chỉ dẫn của Renault cho thấy rằng ở vùng nông thôn số ngày với nhiệt độ dưới không độ lớn hơn 40 % so với các vùng ngoại ô Pari.

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

Trong hơn 100 năm qua (sau các công trình tiên bối của Howard và Renaut), người ta đã khảo sát khá kỹ chế độ khí tượng và khí hậu nhiều thành phố trên tất cả các lục địa (trên cơ sở phân tích số liệu quan trắc hàng ngày tại các đài trạm, tháp vô tuyến truyền hình và cột quan trắc; bằng cách tiến hành đo mặt rộng chuyên đề, quan trắc máy bay, vệ tinh...). Chúng tôi sẽ dẫn ra một số kết quả quan trọng nhất.

Thực tế trong tất cả những thành phố (lớn và nhỏ) quan sát thấy xu thế tăng nhiệt độ không khí so với các vùng ngoại ô. Ở Pari, các nhiệt độ tối cao (ban ngày) trong thời kỳ 1891-1968 đã tăng 0,011 °C/năm, còn các nhiệt độ tối thấp (ban đêm) tăng 0,019 °C/năm.

Ở Nhật Bản, xu thế nhiệt độ trong thời kỳ 30 năm (1936-1965) bằng 0,03 °C/năm tại ba thành phố lớn phát triển nhanh và chỉ bằng 0,01 °C/năm tại ba thành phố nhỏ. Theo số liệu quan trắc tại năm thành phố của Mỹ thời kỳ 1895-1955, xu thế nhiệt độ đều mang dấu dương. Tuy nhiên, cần nhấn mạnh (và điều này rất quan trọng để phát hiện nguyên nhân tăng nhiệt độ) rằng sự tăng nhiệt độ rất khác nhau trong các mùa, cụ thể là mùa hè xu thế lớn hơn đáng kể (2-3 lần) so với mùa đông. Thật vậy, tại Klivland (bang Ohio) trong thời kỳ 1895-1941, nhiệt độ đã tăng 0,028 °C/năm vào mùa hè và chỉ 0,010 °C/năm vào mùa đông; tại Boston (bang Massachusetts), thời kỳ 1895-1933, tăng 0,026 °C/năm vào mùa đông và 0,016 °C/năm vào mùa hè; tại Washington và Baltimore (bang Virginia) - tuần tự tăng 0,024 và 0,017 °C/năm vào mùa hè và tăng không đáng kể vào mùa đông.

Những số liệu này (cũng như nhiều số liệu khác sẽ dẫn dưới đây) một cách hoàn toàn thuyết phục đã bác bỏ quan điểm của các nhà nghiên cứu cho rằng phát thải nhiệt nhân sinh đóng vai trò chính làm tăng nhiệt độ không khí trong thành phố (thường các nhà nghiên cứu này không dẫn ra các đánh giá định lượng). Mặc dù những phát thải này trong mùa sưởi ấm (mùa đông) lớn hơn nhiều so với mùa hè, song xu thế nhiệt độ mùa đông nhỏ hơn nhiều so với xu thế mùa hè.

Ta dừng lại phân tích chi tiết hơn về nhiệt độ không khí thành phố T_{tp} và các vùng ngoại ô T_{xo} và hiệu số

$$\Delta T = T_{tp} - T_{xo}$$

của các nhiệt độ tại hai thành phố lớn nhất và được khảo sát đầy đủ nhất của Liên Xô - Matxcova và Leningrat.

Cả số liệu nhiều năm (khí hậu), lẫn số liệu quan trắc chuyên đề (quan trắc mặt rộng), cho thấy rằng nhiệt độ không khí trong thành phố lớn có thể khác biệt nhiều so với nhiệt độ không khí ở ngoại ô thành phố. Hiệu ΔT thường xuyên nhất là mang dấu dương (thành phố ấm hơn ngoại ô). Bên trong thành phố, nhiệt độ không khí (tại mực 2 m) tại cùng

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

một thời điểm cũng có thể biến đổi trong phạm vi khá rộng. Thông thường, những giá trị nhiệt độ cao nhất quan sát thấy ở phần trung tâm thành phố, còn trên hướng ra phía rìa, nhiệt độ giảm (các đường đẳng trị hiệu nhiệt độ thực tế song song với ranh giới ngoài của thành phố). Khi đổi hướng gió, phần trung tâm của khu vực ẩm (nhiều khi được gọi là “đảo nhiệt”) dịch chuyển về phần khuất gió của thành phố.

Theo số liệu quan trắc nhiều năm (1881-1960), các trị số trung bình năm và trị số cực đại của nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) như sau:

Vùng của thành phố						
Nhiệt độ trung bình						
Năm	Cực tiểu		Cực đại			
Cực tiểu tuyệt đối	Cực đại tuyệt đối					
Rìa phía bắc	3,6	3,8	7,4	8,0	24,7	37
Trung tâm	4,8		1,3	8,7	24,0	38
Rìa phía nam	3,6	3,8	0,1	7,7	24,5	37

Như vậy, trung bình trong năm nhiệt độ không khí ở trung tâm Matxcova khoảng 1°C cao hơn các vùng rìa. Khác biệt về các nhiệt độ cực tiểu đặc biệt lớn - hiệu số đạt tới 7°C . Theo số liệu quan trắc tại 14 trạm của Matxcova và tỉnh Matxcova các năm 1946-1965, nhiệt độ năm trung bình của không khí ở Loxinoostrovskaja và Tushino thấp hơn $1,0^{\circ}\text{C}$ so với ở trung tâm Matxcova (khách sạn “Banchuk”, gần Đài khí tượng thủy văn Matxcova), ở Izmailovo thấp hơn $1,4^{\circ}\text{C}$ và ở Nhemchinovka và Lênino-Đachnoie thấp hơn $1,5^{\circ}\text{C}$. Có thể nhận thấy rằng hiệu các nhiệt độ không khí trung bình tháng giữa trung tâm Matxcova và các vùng ngoại ô trong tháng bảy đều lớn hơn trong tháng giêng ($0,4-0,5^{\circ}\text{C}$ nếu so với Tushino và Lênino-Đachnoie).

Chúng tôi sẽ đưa thêm dẫn liệu về số ngày với nhiệt độ thấp hơn các giá trị đã nêu theo số liệu quan trắc tại các trạm Đài khí tượng thủy văn Matxcova (ĐKTTVM, trung tâm Matxcova) và Viện kinh tế nông nghiệp mang tên Timiriazev (VKTNN, rìa phía bắc Matxcova):

$T^{\circ}\text{C}$	<7	<5	<0	<5	<10	<15
ĐKTTVM	?	98	146	182	220	273
VKTNN	34	108	151	190	230	288

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

Tổng của các nhiệt độ trung bình ngày tại các trạm này là như sau:

$T^{\circ}\text{C}$	<?10	<?5	<0	$T^{\circ}\text{C}$	>0	>5	>10	>15
ĐKTTVM	?	?780	?910	ĐKTTVM	2550	2260	2205	1645
HVKTNN	?350	?925	?1035	HVKTNN	2470	2365	2055	1320

Các nhiệt độ trung bình tính theo từng thập niên trong thời kỳ 1879-1975 ở Matxcova (HVKTNN) liên tục tăng (ngoại trừ các năm 1906-1915), trung bình 0,2 °C/10 năm (sau 100 năm- tăng 2 °C). Sự tăng nhiệt độ rõ nhất (0,5 °C) đã diễn ra trong các năm 1966-1975. Nhiệt độ trung bình (5,2 °C) của thập niên này vượt trên chuẩn nhiều năm (4,0 °C) là 1,2 °C. Kỳ 5 năm 1971-1975 cũng tỏ ra ấm hơn cả: nhiệt độ trung bình của nó bằng 5,7 °C, còn năm 1975 là năm ấm nhất (nhiệt độ trung bình 6,7 °C) trong toàn thời kỳ quan trắc đã xét. Nhiệt độ tháng giêng trung bình trong các năm 1879-1975 tại trạm HVKTNN bằng ?10,2 °C, tháng bảy 18,1 °C; ấm nhất là tháng giêng năm 1882 (?3,2 °C) và tháng bảy năm 1938 (23,3 °C), còn lạnh nhất - tháng giêng năm 1883 (?21,6 °C) và tháng bảy năm 1904 (14,6 °C). Cực tiểu tuyệt đối (?42,2 °C) quan trắc được vào ngày 17/1/1940, cực đại tuyệt đối (36,8 °C) - ngày 7/8/1920.

Những số liệu này cũng như những số liệu đã dẫn ở trên về hiệu số ΔT ở Matxcova chứng tỏ rằng, trong sự hình thành đảo nhiệt, phát thải nhiệt nhân sinh không giữ vai trò quyết định (như điều này được nêu ra trong nhiều sách chuyên khảo và bài báo), vì vào mùa đông phát thải loại này lớn hơn nhiều so với mùa hè (trong khi đó thì tăng nhiệt độ và giá trị ΔT vào mùa hè lớn hơn so với mùa đông).

Vì nhiệt độ không khí ở thành phố đơn điệu tăng lên, người ta quan sát thấy sự dịch chuyển các ngày tiểu hàn cuối xuân (t_x) và đầu thu (t_t). Theo các dữ liệu quan trắc ở Matxcova (HVKTNN), đã nhận được phương trình hồi quy như sau cho độ dài thời kỳ không lạnh $t_t - t_x$ (tính bằng ngày):

$$t_t - t_x = 144 + 1,501(N - 1927),$$

trong đó N - năm cần xác định $t_t - t_x$. Theo phương trình này, thời kỳ không lạnh trong 50 năm đã tăng lên 75 ngày (từ 144 ngày trong năm 1927 đến 219 ngày trong năm 1977). Tuy nhiên, vì các độ lệch bình phương trung bình của các ngày t_x và t_t khá lớn (bằng 12 và 10 ngày), nên trong mỗi năm cụ thể có thể có thiên lệch lớn so với giá trị xác định theo các phương trình hồi quy (và thực tế đã quan trắc thấy như vậy).

Bảng 5.1. Các giá trị trung bình và cực trị của nhiệt độ không khí (°C)

trong mùa đông (tháng 12-2) và mùa hè (tháng 6-8) 1970-1974

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

Điểm	Trung bình ngày		Cực tiểu trung bình		Cực đại trung bình		Cực tiểu tuyệt đối		Cực đại tuyệt đối	
	Đông	Hè	Đông	Hè	Đông	Hè	Đông	Hè	Đông	Hè
Leningrat	-5,1	17,6	-7,7	13,7	-2,5	22,0	-27,0	2,9	7,4	33,6
Voeikovo	-6,6	16,4	-9,5	11,8	-3,9	22,2	-30,1	0,4	6,4	32,7
Sosnovo	-6,3	16,0	-9,4	10,5	-3,4	21,4	-32,3	-2,2	6,3	32,7
Belogorka	-7,0	16,2	-10,4	10,6	-3,7	22,0	-36,7	-1,0	7,2	33,5
Volkhov	-7,1	16,5	-9,6	10,9	-4,2	21,9	-33,1	0,0	6,5	33,8

Quan trắc thời tiết hệ thống và dài nhất ở Liên Xô được thực hiện tại Leningrat: từ năm 1749. Mặc dù trạm khí tượng đã di chuyển một số lần, nhưng trong tất cả các thời kỳ đều nằm không xa trung tâm thành phố. Hiện nay, trạm này nằm trên vùng Petrogratskaia, trên bờ sông Tiểu Nheva. Các trạm ngoại vi là những điểm cách Leningrat 80-100 km (ngoại trừ trạm Voeikovo, nằm cách trung tâm Leningrat khoảng 20 km). Theo dữ liệu trung bình nhiều năm (khí hậu), các nhiệt độ trung bình, cực đại và cực tiểu ngày ở Leningrat cao hơn so với các vùng ngoại vi 1-2 °C nếu xét về trung bình cả năm cũng như trong các mùa khác nhau.

Đối với Leningrat, đã tiến hành nghiên cứu tỉ mỉ nhất về hiệu số ΔT của các nhiệt độ không khí trong thành phố và ở các vùng ngoại vi. Ngoài những giá trị trung bình (bảng 5.1), đã nghiên cứu biến trình ngày của hiệu ΔT (bảng 5.2) và lần đầu tiên xây dựng hàm phân bố của hiệu này (hình 5.1).

Theo số liệu bảng 5.2, các giá trị ΔT lớn nhất đạt được vào ban đêm và các giờ sáng sớm, còn nhỏ nhất - ban ngày. Biên độ ngày của ΔT lớn (hơn 2 °C) vào mùa hè và nhỏ hơn nhiều vào mùa đông (0,5-1,0 °C).

Bảng 5.2. Biến trình ngày của hiệu ΔT (°C) trung bình theo

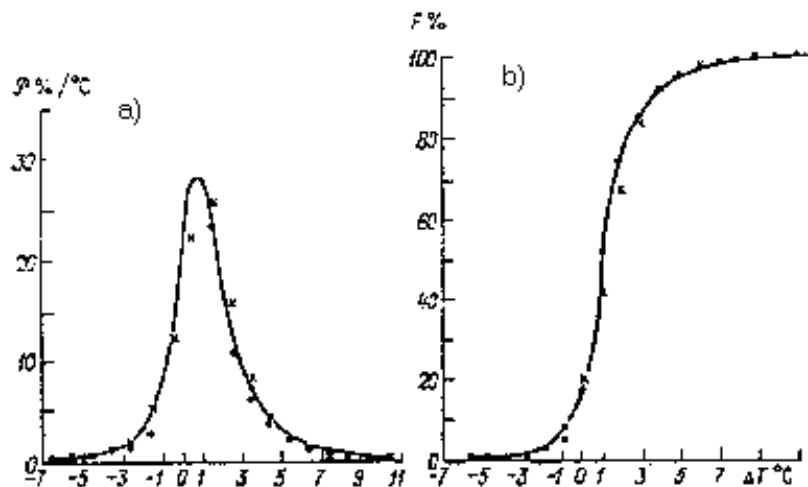
mùa đông và mùa hè trong các năm 1970-1974

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

Thời gian, giờ	Voeikovo		Sosnovo		Belogorka		Volkhov		Tất cả các điểm	
	Đông	Hè	Đông	Hè	Đông	Hè	Đông	Hè	Đông	Hè
00	1,3	1,6	1,2	2,7	2,0	2,5	2,0	2,2	1,5	2,2
03	1,2	1,9	1,1	3,0	2,0	3,1	1,9	2,7	1,5	2,7
06	1,4	1,6	0,9	2,4	1,9	2,8	2,1	2,0	1,5	2,2
09	1,4	0,8	1,2	0,7	1,9	1,2	2,2	0,6	1,6	0,8
12	1,2	0,7	1,0	0,7	1,5	0,5	1,7	0,1	1,3	0,5
15	1,1	0,5	0,8	0,8	1,0	0,3	1,4	0,1	1,0	0,4
18	1,3	0,9	1,1	0,7	1,5	0,2	1,6	0,3	1,4	0,5
21	1,5	1,5	1,2	1,3	2,0	0,8	2,0	1,0	1,6	1,1

Ghi chú: Trong hai cột cuối cùng dẫn các giá trị ΔT giữa nhiệt độ không khí ở Leningrat và nhiệt độ lấy trung bình theo tất cả các điểm ngoại vi.

Những số liệu này khẳng định kết luận đã nêu ra ở trên về vai trò thứ yếu (chứ không phải quyết định) của phát thải nhiệt trực tiếp trong sự hình thành hiệu số ΔT : bởi vì công nghiệp và nhất là giao thông vận tải, phát thải nhiệt vào ban ngày nhiều hơn đáng kể so với ban đêm, và tỉ phần đóng góp của các dạng phát thải này có tính chất quyết định, nên lẽ ra hiệu ΔT ban ngày phải lớn hơn nhiều so với ban đêm (thực tế thì ngược lại).



Hình 5.1. Mật độ phân bố (a) và hàm phân bố (b) của hiệu nhiệt độ không khí ΔT ở Leningrat và các vùng ngoại vi thời kỳ 1970-1974

Trên hình 5.1 biểu diễn mật độ và hàm phân bố hiệu ΔT (các tập mẫu gồm 17 366 hiệu ΔT mùa đông và 14 720 - mùa hè), cho thấy rằng ΔT ở thành phố lớn biến thiên trong phạm vi rất rộng: các trị số cực hạn của ΔT trải ra trên khoảng giữa 16 và 29 °C vào mùa

đông và giữa 11 và 11 °C vào mùa hè. Mật độ phân bố (P) của ΔT đạt cực đại (giá trị mốt) bằng 34 % tại 1 °C vào mùa đông và 26 % vào mùa hè, tuân tự trên dải 0-1 và 1-2 °C. Về các phía ΔT lớn hơn và bé hơn kể từ các dải này, mật độ P đơn điệu giảm - giảm nhanh hơn với $\Delta T < 0$ và chậm hơn với $\Delta T > 0$. Phân tích các số liệu trong các thời hạn khác nhau đã cho thấy rằng, mật độ

ban đêm (03 giờ) đạt cực đại trên dải 2-3 °C, chiều và tối (18, 21 và 00 giờ) và sáng sớm (06 giờ) - trên dải 1-2 °C, còn ban ngày (09, 12 và 15 giờ) dải này dịch chuyển tới 0-1 °C, tức mật độ phân bố cũng chỉ ra rằng ban đêm ΔT lớn hơn ban ngày.

Hàm phân bố $F(\Delta T, X)$ của hiệu ΔT , được biểu diễn trên hình 5.1, cho thấy rằng không phải trong mọi trường hợp thành phố đều ấm hơn các vùng ngoại vi của mình. Theo số liệu quan trắc thời kỳ 1970-1974, Leningrat ấm hơn các vùng ngoại vi với 83 % vào mùa đông và với 80 % vào mùa hè. Ta để ý rằng xác suất của tình huống thành phố lạnh hơn các vùng ngoại vi không hẳn đã nhỏ (gần 20 %) đến mức không tính tới khi giải thích các nguyên nhân biến đổi khí hậu thành phố. Thành phố ấm hơn các vùng ngoại vi thường xảy ra ban đêm hơn là ban ngày. Thật vậy, các giá trị ΔT 0°C vào mùa hè lúc 00 và 03 giờ gặp 93 % trường hợp, còn lúc 12, 15 và 18 giờ chỉ 64-68 %. Sự hiện diện các hiệu ΔT âm ở số lớn các trường hợp (trung bình gần 20 %) chỉ ra đặc biệt rõ ràng trong sự hình thành đảo nhiệt vai trò quyết định thuộc về các nhân tố khí tượng.

Hiệu nhiệt độ không khí ở Leningrat và ở sân bay Pulkovo có giá trị lớn nhất trong thời tiết quang mây lặng gió vào các giờ ban đêm (bảng 5.3), khi đó hiệu này đạt 2-3 °C. Khi tăng lượng mây và vận tốc gió, ΔT thường giảm. Mùa hè vào các giờ ban ngày ΔT trong mọi kiểu thời tiết đều không vượt quá vài phần mười độ bách phân.

Phụ thuộc của hiệu nhiệt độ không khí ở Leningrat và ở Sosnovo mùa hè vào lượng mây được đặc trưng bằng những số liệu sau đây:

Lượng mây tầng dưới (cấp)			
0 ? 2	3 ? 8	9 ? 10	
Ban đêm	2,8	2,0	1,4
Ban ngày	0,8	0,6	1,2
Cả ngày	2,0	1,1	1,3
Số trường hợp trong ngày	1492	399	381

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

Những khác biệt trong nhiệt độ không khí quan trắc được không những giữa thành phố và các vùng ngoại vi của nó, mà còn giữa các điểm nằm bên trong thành phố. Ở Leningrat, trong vòng 15-20 năm gần đây đã nhiều lần tiến hành quan trắc mặt rộng vì mô gồm đo nhiệt độ và độ ẩm không khí, tốc độ gió, bức xạ và các yếu tố khí tượng khác tại nhiều địa điểm trong thành phố (từ 10-15 đến 30-40).

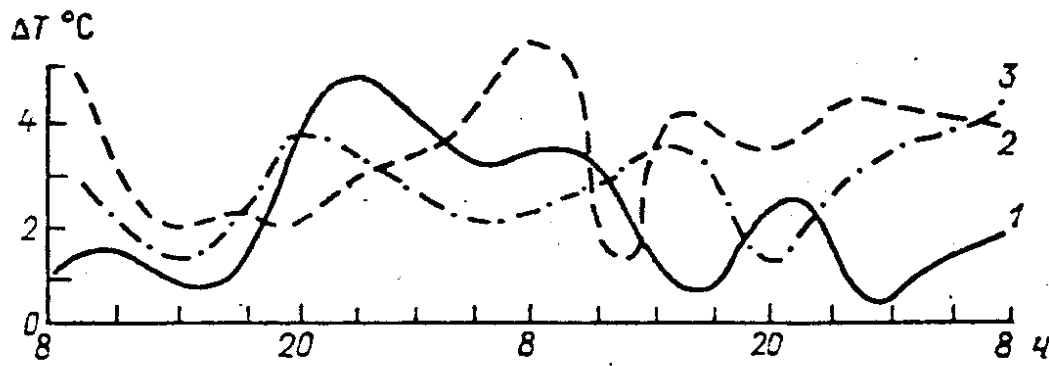
Bảng 5.3. Các giá trị trung bình của hiệu nhiệt độ không khí ($^{\circ}\text{C}$) ở Leningrat

và ở sân bay Pulkovo trong các kiểu thời tiết khác nhau

Kiểu thời tiết	Thời hạn, giờ				Thời hạn, giờ			
	3	6	12	15	3	6	12	15
QM - LG	2,1	2,7	2,1	1,7	2,9	2,3	0,2	0,5
QM - GN	1,6	1,3	0,9	0,4	3,0	1,5	0,0	0,0
QM - GM	-0,7	-0,1	2,4	1,0	-	-	-	-1,3
TĐ - LG	2,2	0,3	1,3	1,0	2,3	2,0	0,2	0,6
TĐ - GN	1,0	-0,2	0,7	0,2	2,1	2,0	0,1	0,3
TĐ - GM	-	-	0,7	-	-	-	0,3	1,1
MM - LG	0,8	0,9	0,6	0,6	1,1	0,9	0,1	0,0
MM - GN	0,4	0,5	0,4	0,2	1,2	1,1	-0,3	0,0
MM - GM	0,1	-0,1	0,4	0,6	0,9	-	-0,6	-0,1

Ghi chú: Ở đây LG ? lặng gió (tốc độ gió dưới 1 m/s), GN ? gió nhẹ (2 - 5 m/s), GM ? gió mạnh (hơn 5 m/s), QM ? quang mây, TĐ ? mây thay đổi, MM ? mù trời.

giờ



Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

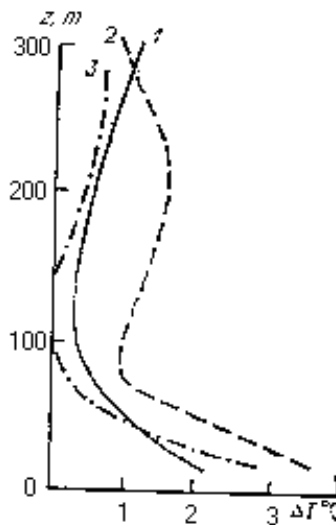
Hình 5.2. Biến trình ngày của hiệu nhiệt độ không khí ở Matxcova và

Obnhinsk, mực 15 m: ngày 9?11/8 (1), 23?25/8 (2), 6?8/9 (3) năm 1972

Mùa hè, trong thời tiết lặng gió quang mây, buổi sáng và ban trưa, phần trung tâm thành phố ẩm hơn vùng ven bờ vịnh Phần Lan (ở vùng Lixuri Nos và Lomonosov) tới 2?3 °C và ẩm hơn phần còn lại của thành phố và lân cận tới 1,0-1,5 °C. Độ ẩm tương đối ở trung tâm thành phố trong cả ngày thấp hơn các vùng ngoại vi là 15-20 %. Trong thời tiết mây mù ΔT nhỏ hơn nhiều. Độ tương phản nhiệt độ lớn nhất giữa phần trung tâm thành phố và các vùng khác quan trắc thấy vào các giờ ban đêm và sáng sớm mùa đông, khi đó ΔT đạt 8-12 °C.

Người ta đã thử so sánh các giá trị ΔT trong các ngày khác nhau của tuần lễ. Thấy rằng mùa đông vào ngày chủ nhật ΔT tại New-Havene và Baltimore (Mỹ) khoảng hai lần nhỏ hơn so với các ngày khác trong tuần. Nhưng vào mùa hè, vào ngày chủ nhật, ΔT thậm chí lớn hơn các ngày thường. Theo phương thẳng đứng, nhiễu động của trường nhiệt độ do thành phố gây nên lan tới độ cao từ vài trăm mét tới 1 - 2 km.

Biến trình ngày của hiệu nhiệt độ không khí ở Matxcova và ở Obnhinsk và phân bố các giá trị trung bình của ΔT theo số liệu ba loạt quan trắc đồng bộ hai ngày đêm được biểu diễn trên hình 5.2 và 5.3. Những trị số lớn nhất của ΔT đạt được vào ban đêm, nhỏ nhất - ban ngày (hình 5.2). Ở gần mặt đất (tại mực 15 m) nhiệt độ ở Matxcova cao hơn ở Obnhinsk tới 2-3,5 °C. Với độ cao các trị số ΔT giảm, nhưng sau khi đạt cực tiểu ở độ cao 100 - 200 m thì lại bắt đầu tăng chậm đến 1 - 1,5 °C tại độ cao 200 - 250 m (hình 5.3).



Hình 5.3. Các trắc diện thẳng đứng của hiệu nhiệt độ không khí

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

ở Matxcova và Obnhinsk lấy trung bình trong hai ngày

Các kí hiệu qui ước xem trên hình 5.2

Theo số liệu quan trắc ở Leningrat (tháp vô tuyến truyền hình) và Voeikovo (thám không vô tuyến), hiệu nhiệt độ không khí mang dấu dương cho tới độ cao khoảng 200 m và dấu âm - ở cao hơn mực này, ngoài ra, $|\Delta T|$ khi phân tầng ổn định lớn hơn nhiều so với khi bất ổn định. Các trị số ΔT ($^{\circ}\text{C}$) trung bình tại các độ cao như sau:

Độ cao, m	2	25	132	164	232	269
ΔT khi $\gamma > \gamma_{\alpha}$	0,7	0,3	0,2	0,0	-0,8	-1,3
Q_p khi $\gamma < \gamma_{\alpha}$	2,9	2,7	1,4	1,0	-0,9	-1,4

Nghịch nhiệt

Phân tầng *nghịch nhiệt* (nhiệt độ trong một lớp nào đó tăng theo độ cao) làm suy yếu đặc biệt mạnh sự trao đổi rối và do đó, sự vận chuyển các chất ô nhiễm từ mặt đất và từ lớp sát mặt đất lên các lớp cao hơn của khí quyển. Vì lý do đó, khi tạo thành sự nghịch nhiệt, tạp chất gia nhập từ các nguồn mặt đất sẽ bị giữ lại ở gần mặt đất và tạo nên những mức ô nhiễm cao. Vì vậy, trong những thập niên gần, đây người ta rất chú ý nghiên cứu về sự phân bố nghịch nhiệt độ như là một trong những yếu tố khí tượng tiềm năng gây ô nhiễm quan trọng nhất. Người ta chỉ có thể nghiên cứu tỉ mỉ về cấu trúc lớp khí quyển phía dưới độ dày 300-500 m từ khi tổ chức quan trắc trên các cột quan trắc khí tượng cao ở Obnhinsk (tỉnh Kaluga, độ cao 301 m), ở Ostankino (Matxcova, độ cao 503 m), ở Leningrat, Kiev và các tháp truyền hình khác. Có thể nhận thấy rằng, trước khi tổ chức những quan trắc này, đã có một ý kiến cho rằng nghịch nhiệt là hiện tượng khá hiếm.

Tất cả các nghịch nhiệt được phân loại thành nghịch nhiệt sát đất (biên dưới trùng với mặt đất) và nghịch nhiệt nâng cao (biên dưới nằm tại một độ cao nào đó).

Theo số liệu quan trắc ở Obnhinsk, đây được xem như trạm đại diện, nằm ở một địa điểm mở với mức ô nhiễm không khí không đáng kể, phân bố nghịch (dị thường) của nhiệt độ theo độ cao được quan trắc thấy trong hơn nửa số trường hợp (trung bình 53 % một năm) và phân khá đều theo các mùa trong năm: mùa đông - 57 % trường hợp, mùa xuân - 53 % trường hợp, mùa hè - 47 % trường hợp và mùa thu - 56 % trường hợp. Ở vùng nông thôn, thống trị dạng nghịch nhiệt sát mặt đất (độ lặp lại của chúng bằng 38 %), mất nhiệt bức xạ từ mặt đất đóng vai trò quyết định sự hình thành dạng nghịch nhiệt này. Vì vậy, chúng chủ yếu được tạo thành vào ban đêm trong thời tiết ít mây và gió nhẹ (không quá 5 m/s). Dạng nghịch nhiệt nâng cao hình thành ở vùng nông thôn hiếm on, chủ yếu trong thời tiết mây mù và tốc độ gió vừa phải (2-10 m/s).

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

Độ dày các lớp với phân tầng nghịch biến đổi trong phạm vi rộng - từ 30-50 đến 500 m và hơn; chênh nhiệt độ tại các biên trên và dưới - từ vài phần mười độ đến 10 °C và hơn.

Trong thành phố lớn (Matxcova), độ lặp lại chung của cả hai dạng phân bố nghịch cũng cao (trung bình 57 % một năm) như ở vùng nông thôn (Obnhinsk). Tuy nhiên, tương quan giữa các dạng phân bố nghịch ở Matxcova và ở Obnhinsk đối lập nhau: nếu như ở Obnhinsk tỉ phần dạng nghịch nhiệt sát đất là 38 % trong tổng số quan trắc, dạng phân bố nghịch nâng cao - 15 %, thì ở Matxcova, dạng nghịch nhiệt sát đất quan sát được 13 %, dạng nâng cao - 44 % tổng số quan trắc.

Phương trình cân bằng năng lượng mực mặt đất sau đây cho phép giải thích những đặc điểm trong phân bố thẳng đứng của nhiệt độ trong thành phố và đồng thời phát hiện những nhân tố chịu trách nhiệm hình thành đảo nhiệt:

$$R = Q_T + LQ_p + Q_M + Q_a, \quad (5.1)$$

trong đó $R = (I + i)(1 - r) - B^*$ - cân bằng bức xạ (ở đây $I + i$ - thông lượng bức xạ tổng cộng, r - albedo, B^* - phát xạ hiệu dụng của mặt đất, Q_T - thông lượng hiện nhiệt rôi, LQ_p - thông lượng ẩn nhiệt, tức nhiệt lượng mất do bốc hơi nước từ mặt đất, Q_p - thông lượng hơi nước rôi, L - nhiệt lượng hóa hơi riêng, Q_M - thông lượng nhiệt phân tử đi vào nền đất, Q_a - thông lượng nhiệt nhân sinh gây nên bởi các nguồn khác nhau, bao gồm các quá trình trao đổi chất của người và động vật

Trong phương trình cân bằng (5.1), mỗi thông lượng trong thành phố khác nhiều so với mỗi thông lượng tương ứng ở vùng nông thôn.

Trong phương trình cân bằng (5.1), mỗi thông lượng trong thành phố khác nhiều so với mỗi thông lượng tương ứng ở vùng nông thôn.

Đó trước hết là do sự ô nhiễm không khí thành phố bởi các tạp chất nhân sinh có ảnh hưởng tới các dòng bức xạ Mặt Trời ($I + i$) và bức xạ hồng ngoại (B^*), và sự biến đổi các tính chất bề mặt đất. Trong thành phố, tham số gồ ghề lớn hơn đáng kể: tùy thuộc vào độ cao các tòa nhà và mật độ các công trình, nó biến thiên từ 0,5 - 0,7 m tới 3 - 5 m, trong khi ở vùng nông thôn là $10^{-3} - 10^{-1}$ m. Albedo (r) của các thành phố nhỏ hơn so với vùng nông thôn 4 - 6 %, ví dụ ở Saint-Louise, Mỹ, albedo gần 11 %, còn các vùng ngoại vi 16 %. Mùa đông và đầu mùa xuân ở các vĩ độ trung bình và cao, sự ô nhiễm và thu gom tuyết trong các thành phố có ảnh hưởng đặc biệt mạnh làm giảm r . Các dòng ẩn nhiệt rời (LQ_p) và dòng đi vào nền đất (Q_m) rất khác nhau giữa thành phố và vùng ngoại vi. Theo số liệu quan trắc ở Columbia (Mỹ) vào một trong những ngày không mây mùa hạ, với tốc độ gió dưới 3 m/s, các dòng LQ_p trong thành phố và ở ngoại vi tuần tự bằng 0,1 và 2,04 W/m², Q_m : 4,53 và 1,67 W/m²; vào đêm không mây trong thành phố LQ_p và Q_m là 0,07 và -1,40 W/m², ở ngoại vi: -0,07 và -0,91 W/m². Các dòng mang dấu dương nếu chúng hướng lên từ mặt phân cách giữa khí quyển và đất. Nhận thấy rằng albedo mặt đất trong khi tiến hành thí nghiệm này bằng 25 % ở các vùng ngoại vi và chỉ bằng 5 % trong thành phố.

Dòng nhiệt lượng nhân sinh (Q_s) trong đại đa số các thành phố của hành tinh không vượt quá 10 % lượng bức xạ tới từ Mặt Trời, dòng nhiệt mất do bốc hơi và dòng nhiệt đi vào đất.

Ta sẽ lợi dụng biểu thức quen thuộc cho thông lượng ẩn nhiệt rời

$$Q_T = -c_p \rho k_z (\gamma - \gamma_a),$$

trong đó $\gamma = -\partial T / \partial z$ – gradient nhiệt độ theo phương thẳng đứng, $\gamma_a \approx 1^\circ\text{C}/100\text{ m}$ – gradient đoạn nhiệt khô, k_x – hệ số rối, ρ – mật độ không khí, c_p – nhiệt dung riêng của không khí. Dựa trên phương trình (5.1), ta sẽ nhận được biểu thức cho gradient nhiệt độ thẳng đứng ở lân cận mặt đất

$$\gamma = \gamma_a + \frac{L}{c_p} \frac{\partial q}{\partial z} + \frac{R}{c_p \rho k_x} - \frac{Q_M}{c_p \rho k_x}, \quad (5.2)$$

ở đây q – tỉ phần khối lượng hơi nước.

Ban đêm, khi $R = -B^* < 0$, ở các vùng ngoại vi sẽ tạo ra những điều kiện để hình thành nghịch nhiệt sát mặt đất ($\gamma < 0$) có nguồn gốc bức xạ (lượng mất nhiệt bức xạ bởi mặt đất giữ vai trò chủ yếu). Cùng thời gian đó, trong thành phố, do ảnh hưởng của dòng phát xạ ngược lại của khí quyển tăng lên, bởi vì có nhiều tạp chất và hơi nước được tạo thành khi đốt các dạng nhiên liệu, bức xạ hiệu dụng sẽ nhỏ hơn nhiều so với ở các vùng ngoại vi. Vì ban đêm dòng hướng từ trong nền đất lên bề mặt đất, mà về trị tuyệt đối thì dòng này trong thành phố lớn hơn so với vùng ngoại vi, từ quan hệ (5.2) suy ra rằng: ban đêm, ở lân cận mặt đất trong thành phố, xác suất giá trị γ mang dấu dương sẽ lớn hơn ($\gamma > 0$). Điều này có nghĩa là, nhiệt độ ở lớp sát đất giảm theo độ cao, và nghịch nhiệt được nâng lên tới một độ cao nào đó phía trên mặt đất (hình 5.4). Những lập luận định tính này cũng như những đánh giá định lượng dẫn tới kết luận về vai trò quyết định của các nhân tố địa vật lý trong sự hình thành đảo nhiệt. Ban đêm, và vào mùa đông - với trị số R âm - trong vòng phần lớn thời gian trong ngày, phát xạ hiệu dụng (B^*) của mặt đất giữ vai trò chính. Phân bố nghịch nhiệt độ ở các vùng ngoại vi thành phố càng mạnh, tức giá trị tuyệt đối $\gamma_{\text{ngoại vi}}$ càng lớn, thì ΔT càng lớn. Với những thành phố dân cư hơn 2 triệu người đã thiết lập được liên hệ tương quan

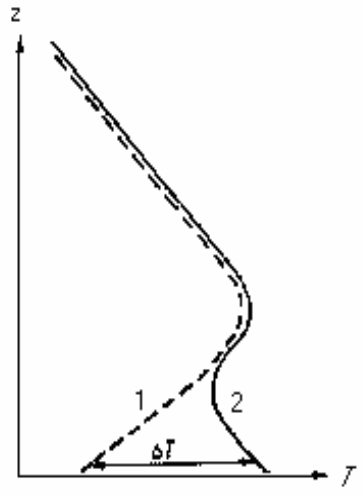
$$\Delta T = 2,6 - 1,2 \gamma_{\text{ngoại vi}}, \quad (5.3)$$

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

trong đó hệ số tương quan giữa ΔT và γ bằng $-0,87$ (ở đây ΔT tính bằng $^{\circ}\text{C}$, $\gamma_{\text{ngoại vi}}$ - tính bằng $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$).

Ban ngày, vai trò chính là do sự giảm albedo ở thành phố, kéo theo làm tăng lượng bức xạ hấp thụ từ Mặt Trời, ngoài ra còn là sự giảm mất nhiệt cho bốc hơi.

Vậy nói chung các thông lượng trong phương trình cân bằng (5.1), và cùng với nó là giá trị ΔT biến đổi trong phạm vi rất rộng.



Hình 5.4. Sơ đồ giải thích sự hình thành hiệu ΔT

Những biến đổi khí hậu các thành phố có nguồn gốc nhân sinh

1 - trắc diện thẳng đứng của nhiệt độ ở vùng ngoại vi, 2 - trong thành phố

Tốc độ gió có ảnh hưởng lớn tới các thông lượng nhiệt rồi. Khi gió mạnh lên, nghịch nhiệt bị phá hủy không chỉ ở thành phố mà cả ở các vùng ngoại vi. Đồng thời với phá hủy nghịch nhiệt thì hiệu ΔT sẽ triệt tiêu.

Người ta đã nhận được những giá trị ngưỡng của tốc độ gió cho một số thành phố, khi gió vượt quá ngưỡng thì ΔT thực tế bằng không:

	Luân đôn	Monreal	Breme n	Hamilton	Redding
Dân số, nghìn người	8500	2000	400	300	120
$u_{ngưỡng}, m/s$	12	11	8	6 - 8	4 - 7

Đã nhận được những mối liên hệ tương quan trực tiếp giữa ΔT và dân số (N) của thành phố:

- đối với Bắc Mỹ (18 thành phố):

$$\Delta T_{\max} = 3,06 \lg N - 6,79 ;$$

- đối với châu Âu (11 thành phố):

$$\Delta T_{\max} = 2,011 \lg N - 4,06 .$$