Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского
Серия «География». Том 26 (65), № 2. 2013 г. С. 15–25.

УДК 504(075.8)

ХАРАКТЕР ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОЇ СКЛАДОВОЇ УРБОЕКОСИСТЕМИ ЛЬВОВА В ЗОНАХ АВТОТРАНСПОРТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ У 2011 РОЦІ

Бей Л.І.

Львівський національний університет імені Івана Франка
E-mail: liliyabey@ukr.net

Проаналізовано стан та характер забруднення атмосферної складової урбоекосистеми Львова у 2011 році в зонах впливу різного типу автомагістралей. Використані дані пересувної екологічної лабораторії ЛМР. Складено карту точок відбору проб, створено базу даних по забрудненню атмосферного повітря. За допомого методів математичної статистики оцінено ступінь кореляційних зв'язків між складовими забруднювачами та кількістю автотранспорту. Побудовано діаграми розсіяння забруднюючих речовин.

Ключові слова: забруднення атмосферної складової урбоекосистеми, автотранспортне навантаження, кореляційний аналіз.

ВСТУП

Однією із найгостріших проблем,притаманних сучасним урбоекосистемам, є постійно зростаюче автотранспортне навантаження. У Львівській урбосистемі викиди від автотранспорту у 2011 році складали 89% всіх викидів забруднюючих речовин[10].Тому питання дослідження впливу автотранспортних викидів на атмосферну складову міста є актуальним.

Об'єктом дослідження виступає атмосферна складова урбоекосистеми Львова. *Предметом* – вплив автотранспортного навантаження на стан повітряного басейну міста. *Метою* даної публікації є аналіз характеру забруднення атмосферного повітря Львова від автотранспорту. При написанні статті ми ставили наступні *завдання*: оцінити автотранспортне навантаження на різних вулицях та магістралях Львова, об'єм забруднюючих речовин, що викидає автотранспорт, ступінь кореляційних зв'язків між забруднюючими речовинами від автомобілів та складання діаграм розсіювання для переважаючих забруднювачів.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.*Питанням забруднення атмосферного повітря в урбосистемах займалися Волошин І.М.,Мезенцева І.В., Лепкий М.І. (2011), Коніцула Т.Я. (2008), Коріневська В.Ю. (2010), Загородній В.В. (2011), Красовська О.Ю. (2011), Лоєва І.Д., Владимирова О.Г., Верлан В.А. (2010), Ночвай В.І. (2008), Шевченко О.Г. (2009).

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У даному дослідженні для характеристики структури забруднення атмосферної складової урбоекосистеми використовувались можливості програмного забезпечення ArcViewGIS 3.2a (рис.1, табл. 1), а також STATISTICA6.1,за

допомогою якої пораховано ступень кореляційних зв'язків між показниками (табл.2) та побудовано діаграми розсіяння забруднюючих речовин (рис. 2-6).

З метою моніторингу стану атмосферної складової урбоекосистеми Львова впродовж 2011-го року пересувною екологічною лабораторією КП «Адміністративно-технічне управління» Львівської міської ради було проведено ряд лабораторних досліджень атмосферного повітря. Вимірювання проводилось на предмет забруднення атмосферного повітря викидами від автотранспорту на пішохідних зонах перехресть головних автомагістралей Львова, на 4 дитячих майданчиках, в зоні центральних алей 16 парків. Проби в межах пішохідних перехресть автомагістралей відбирались на тротуарі, на відстані 1-1,5 м від проїзної частини дороги.

Для адекватного висновку про стан забруднення атмосферної складової урбоекосистеми від автополютантів, автором наводиться візуалізація діяльності хімічної лабораторії в вибраних дослідних точках. За допомогою програмного забезпечення ArcViewGIS 3.2a на карту Львова нанесені точки відбору проб (рис. 1) та створено базу даних стосовно проведених 97 вимірів забруднюючих речовин(табл. 1).

Рис. 1. Схема розташування дослідних точок

Таблиця 1.

Концентрація хімічних сполук в атмосферному повітрі у дослідних точках
(за даними пересувної лабораторії)

№ проби	Дата відбору	Транспорт, од/год.	CO	NO	NO2	SO2	Сумарний показник забруднення сумішшю, %
1	11/30/10	900	5,41	0,291	0,109	0,055	313,59
2	11/30/10	792	5,07	0,169	0,082	0,038	249,22
3	11/30/10	852	4,62	0,174	0,071	0,034	227,11
4	12/07/10	840	6,17	0,205	0,24	0,049	486,96
5	12/07/10	720	4,02	0,191	0,098	0,044	259,49
6	12/07/10	624	3,62	0,212	0,078	0,04	228,78
7	01/17/11	1260	6,39	0,237	0,128	0,038	350,35
8	01/17/11	1236	7,13	0,249	0,11	0,05	345,68
9	01/17/11	1548	8,25	0,302	0,204	0,054	502,97
10	01/25/11	1284	6,3	0,156	0,124	0,031	321,84
11	01/25/11	1548	7,27	0,15	0,119	0,039	333,04
12	02/17/11	1260	5,89	0,104	0,098	0,033	267,79
13	02/17/11	1320	8,92	0,236	0,155	0,047	433,19
14	02/21/11	1020	9,72	0,291	0,213	0,044	536,71
15	02/21/11	960	10,91	0,263	0,227	0,047	570,24
16	02/22/11	1200	8,77	0,169	0,163	0,045	423,77
17	02/22/11	768	11,71	0,275	0,214	0,051	571,96
18	02/23/11	912	5,6	0,157	0,123	0,032	308,25
19	02/23/11	1980	9,09	0,237	0,144	0,039	420,56
20	02/24/11	1032	7,67	0,173	0,152	0,031	387,59
21	02/24/11	624	8,83	0,146	0,119	0,035	359,61
22	03/01/11	1416	7,41	0,195	0,165	0,03	405,17
23	03/01/11	1248	6,26	0,149	0,108	0,036	299,45
24	03/21/11	732	9,63	0,277	0,226	0,101	559,96
25	03/21/11	1416	7,5	0,237	0,191	0,08	461,28
26	03/21/11	1632	6,61	0,192	0,154	0,059	381,29

Продовження таблиці 1

27	03/23/11	1656	7,34	0,249	0,179	0,096	448,89
28	03/23/11	2400	**12,66**	**0,45**	0,303	**0,109**	**760,56**
29	03/25/11	735	5,77	0,12	0,108	0,079	291,89
30	03/02/11	735	5,33	0,142	0,099	0,072	276,22
31	03/25/11	735	7,63	0,224	0,176	0,092	443,2
32	04/04/11	1332	5,75	0,186	0,122	0,071	324,73
33	04/04/11	1260	6,45	0,225	0,156	0,08	393,44
34	04/06/11	2136	8,68	0,208	0,181	0,061	458,62
35	04/06/11	1152	5,75	0,132	0,105	0,055	285,8
36	04/06/11	1320	10,67	0,149	0,162	0,089	460,81
37	03/29/11	1104	5,27	0,164	0,091	0,067	269,17
38	03/29/11	1236	5,35	0,22	0,124	0,077	329,76
39	03/29/11	804	5,78	0,28	0,148	0,083	385,15
40	03/29/11	900	7,44	0,252	0,206	0,095	486,55
41	04/19/11	1308	5,56	0,139	0,102	0,057	280,57
42	04/19/11	372	4,91	0,119	0,091	0,044	246,77
43	04/19/11	312	4,35	0,096	0,079	0,041	214,56
44	04/19/11	264	4,09	0,092	0,076	0,043	205,31
45	04/19/11	72	3,89	0,077	0,061	0,033	176,32
46	04/20/11	1380	5,86	0,141	0,107	0,059	293,47
47	04/20/11	1284	7,6	0,143	0,138	0,052	364,72
48	04/20/11	1260	8,41	0,184	0,167	0,073	431,81
49	04/20/11	1248	6,92	0,143	0,135	0,072	352,44
50	04/21/11	960	5,29	0,159	0,119	0,056	302,69
51	04/21/11	1236	6,57	0,121	0,127	0,065	328,11
52	04/21/11	1404	5,85	0,136	0,108	0,059	293,34
53	04/28/11	1548	5,76	0,108	0,096	0,029	263,02
54	04/28/11	1344	9,46	0,216	0,164	0,045	449,38
55	04/28/11	1008	6,78	0,188	0,176	0,047	409,74
56	04/28/11	1044	12,41	0,326	0,219	0,058	605,01
57	04/29/11	1608	8,55	0,164	0,162	0,046	417,41
58	05/04/11	1248	10,63	0,232	0,207	0,042	530,26

Продовження таблиці 1

59	05/04/11	972	8,43	0,308	0,234	0,045	545,15
60	05/05/11	1128	8,94	0,18	0,163	0,034	427,42
61	05/05/11	696	8,49	0,158	0,138	0,036	381,45
62	05/05/11	1896	9,92	0,259	0,199	0,044	514,04
63	06/30/11	1860	8,39	0,267	0,175	0,052	458,46
64	06/30/11	1224	9,55	0,25	0,206	0,051	515,62
65	06/30/11	1392	9,99	0,179	0,151	0,048	433,38
66	07/01/11	1440	9,11	0,196	0,169	0,054	446,36
67	07/01/11	1464	7,5	0,176	0,144	0,042	377
68	08/17/11	1416	6,69	0,112	0,101	0,036	288,87
69	08/17/11	1368	9,1	0,186	0,142	0,049	407,37
70	08/22/11	1248	10,83	0,257	0,202	0,047	534,61
71	08/22/11	960	5,98	0,159	0,131	0,038	327,32
72	08/22/11	1368	9,47	0,161	0,156	0,035	423,35
73	08/23/11	1008	10,79	0,221	0,186	0,045	503,57
74	08/23/11	1164	10,27	0,212	0,192	0,055	501,71
75	08/25/11	1236	10,06	0,25	0,199	0,051	515,74
76	08/25/11	732	9,62	0,164	0,14	0,039	406,72
77	08/25/11	2124	10,28	0,218	0,182	0,034	486,12
78	09/19/11	792	9,93	0,176	0,197	0,064	494,87
79	09/19/11	1536	9,03	0,168	0,153	0,056	417,38
80	09/19/11	1836	12,59	0,267	**0,32**	0,068	727,56
81	09/20/11	1476	10,59	0,193	0,212	0,042	526,32
82	09/20/11	1272	9,36	0,152	0,154	0,038	417,09
83	09/22/11	1572	9,69	0,143	0,155	0,053	425,14
84	09/22/11	**2496**	12,21	0,208	0,196	0,059	542,01
85	09/22/11	2448	9,96	0,196	0,202	0,048	503,74
86	09/27/11	1788	9,03	0,253	0,173	0,043	462,17
87	09/27/11	2076	12,27	0,201	0,188	0,05	529,09
88	06/08/11	732	10,41	0,215	0,186	0,05	496,16
89	06/08/11	1380	8,06	0,179	0,145	0,058	392,44
90	06/08/11	1656	9,03	0,203	0,195	0,062	482,23

Продовження таблиці 1

91	06/09/11	1440	9,82	0,207	0,02	0,054	503,85
92	06/09/11	1248	10,43	0,225	0,192	0,068	510,47
93	06/09/11	1728	8,43	0,163	0,143	0,08	396,95
94	06/14/11	2256	11,38	0,281	0,217	0,067	574,22
95	06/14/11	2424	8,89	0,249	0,209	0,055	508,09
96	06/14/11	2304	7,53	0,213	0,147	0,049	392,12
97	06/14/11	1572	10,5	0,24	0,199	0,058	522,64

Мережа дослідної ділянки міста складається із 97 точок відбору проб, які охоплюють найбільш інтенсивні зони впливу автотранспорту (див. рис. 1). Аналізуючи стан атмосферної складової Львова згідно табл.1, можемо зробити висновок, що основними забруднюючими речовинами, які потрапляють у повітря від роботи автомобілів є CO, NO,NO_2 та SO_2. Дані забруднювачі розподіляються у часі та просторі. Максимальний показники концентрації CO – 12,66 мг/м^3, NO–0,45 мг/м^3, SO_2 – 0,109 мг/м^3, сумарний показник забруднення повітря сумішшюречовин (далі СПЗ) – 760,56 % зафіксовано у одній пробі (№28 – вул. Стрийська – вул. Наукова – вул. Хуторівка) 03.23.2011року, але максимальнаконцентраціяNO$_2$ – 0,32 мг/м^3 зафіксована у пробі №80 (вул. Стрийська – вул. Сахарова) 19.09.2011 року, максимальна кількість автотранспорту зареєстровано у місці розташуванняпроби №84(вул. Стрийська – вул. Наукова – вул. Хуторівка) – 2496 од/год., 09.22.2011року.

Ключовим поняттям, що описує зв'язок між змінними є кореляція(від англ. correlation – узгодження, зв'язок, залежність). У нашому випадку ми використовували коефіцієнт парної кореляції для двох змінних – r, який змінюється в межах від -1(означає повну від’ємну залежність) до +1(повну додатну залежність). Чим ближче значення коефіцієнта кореляції наближається до 1, тим тісніший зв'язок між ознаками, що досліджуються. Результат кореляції вважається значимим коли показник статистичної значимості (т. зв. p-рівень) – p є меншим за 0,05[2].

Із табл. 2, на основі порахованого коефіцієнту кореляції та ступеня статистичної значимості можемо зробити наступні висновки:

- оскільки параметр p статистичної значимості більший за 0,05 ми не можемо робити висновок про наявність кореляційного зв’язку між кількістю автотранспорту та концентрацією SO_2, концентрацією CO та SO_2;
- виявлені тенденції щодо зв’язку кількості автотранспорту та концентрації CO (r=0,489), кількості автотранспорту та концентрації NO (r=0,334), кількості автотранспорту та концентрації NO_2 (r=0,406), кількості автотранспорту та концентрації SO_2 (r=0,130), кількості автотранспорту та СПЗ (r=0,475), концентрацією CO та NO(r=0,539), концентрацією CO та NO_2(r=0,757), концентрацією CO та NO(r=0,539);

- найтісніший кореляційний зв'язок спостерігається між СПЗ та концентрацією NO_2(r=0,912), СПЗ та концентрацією CO (r=0,906), СПЗ та концентрацією NO (r=0,761).

Таблиця 2

Результати кореляційних зв’язків для автотранспортних викидів

	Парам	К-СТЬ АВТ	ВМІСТ CO	ВМІСТ NO	ВМІСТ NO2	ВМІСТ SO2	СПЗ
К-сть авто	r		0,489802	0,334089	0,405723	0,130447	0,474752
	p		0,000000	0,000825	0,000037	0,202823	0,000001
CO	r	0,489802		0,538514	0,757227	0,135305	0,906379
	p	0,000000		0,000000	0,000000	0,186366	0,00
NO	r	0,334089	0,538514		0,708168	0,368027	0,761296
	p	0,000825	0,000000		0,000000	0,000208	0,000000
NO2	r	0,405723	0,757227	0,708168		0,368027	0,912476
	p	0,000037	0,000000	0,000000		0,000208	0,00
SO2	r	0,130447	0,135305	0,368027	0,368027		0,321196
	p	0,202823	0,186366	0,000208	0,000208		0,001337
СПЗ	r	0,474752	0,906379	0,761296	0,912476	0,321196	
	p	0,000001	0,00	0,000000	0,00	0,001337	

,

де r – коефіцієнт кореляції,
p–статистична значимість,
СПЗ – сумарний показник забрудненнясумішшю речовин.

Для дослідження та візуалізації взаємозалежності між кількістю транспорту та концентраціями забруднюючих речовин побудовані діаграми розсіяння.
Двохвимірні діаграми розсіяння використовують для візуального дослідження залежності між двома змінними Х та У(в нашому випадку Х-кількість транспорту, У-забруднююча речовина). Дані зображуються точками удвохвимірному просторі. Дві координати(Х і У), які визначають положення кожної точки, відповідають значенням між змінними. Якщо змінні сильно зв’язані, то множина точок даних приймає певну форму(наприклад, накладається на пряму лінію чи криву, задану визначеним рівнянням). Якщо ж змінні не залежні, то точки утворюють «хмару розсіяння» [2].

В даному випадку, за змінну У відповідає концентрація забруднюючої речовини у досліджених пробах повітря (мг/м^3), за Х – кількість автомобілів за год на дослідних точках.

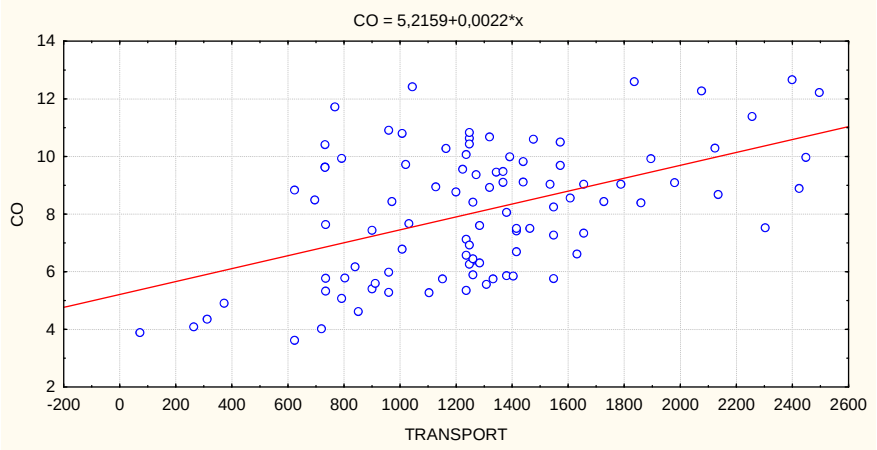

Рис. 2. Взаємозалежність між концентрацією CO та кількістю автотранспорту

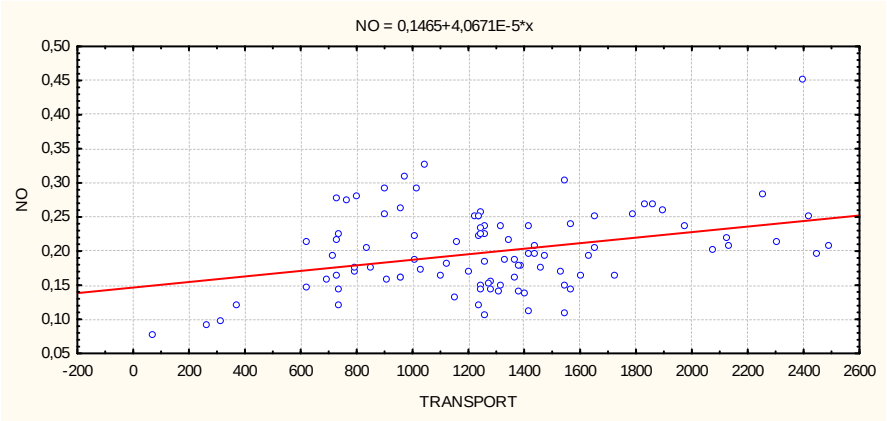

Рис.3. Взаємозалежність між концентраціюNOта кількістю автотранспорту

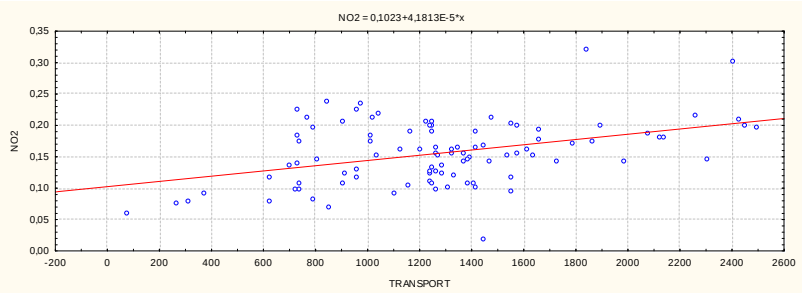

Рис.4. Взаємозалежність між концентрацією NO_2та кількістю автотранспорту

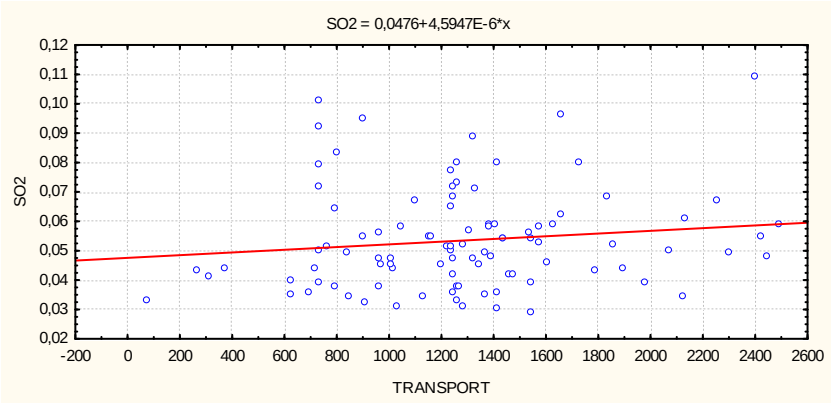

Рис.5. Взаємозалежність між концентрацієюSO_2та кількістю автотранспорту

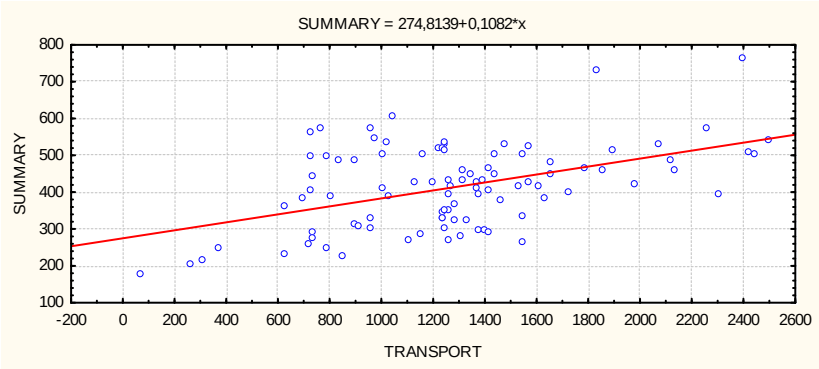

Рис.6. Взаємозалежність між сумарним показником забруднення атмосфери сумішшю та кількістю автотранспорту

Виходячи із рис. 2-6,бачимо, що висхідну зростаючу форму прямої займає діаграма розсіяння рис.2 та рис.6, тобто найтісніше пов'язані із кількістю автотранспорту показники концентрації СО та СПЗ.Найбільш наближена до прямої діаграма рис.5, тобто не простежується чітка залежність між концентрацією SO_2та кількістю автотранспорту.

ВИСНОВКИ

Підсумовуючи все вищесказане, робимо наступні висновки:

1. Для дослідження атмосферної складової урбоекосистеми Львовадоцільно обрати мережу дослідних точок з найбільш суттєвим автонавантаженням(в їх межахвідібрано 97 проб повітря, що розміщені у різних за транспортною щільністю вулицях). Проведені дослідження засвідчують, що транспортне навантаження характеризується режимно-коливальними змінами у часі та просторі. Найбільший показник автотранспортного руху впродовж

годинизафіксовано в кількості 2496 одиниць у місці розташування проби №84(вул. Стрийська – вул. Наукова – вул. Хуторівка) 22.09.2011року, відповідно найменший -72 од/год. в межах розміщення проби №45(вул. Бортнянського – вул. Луцького) 19.04.2011року.

2. Оцінка співвідношення забруднюючих речовин між собою та від кількості автотранспорту методом розрахунку кореляційних зв'язків(табл. 2) показала суттєву залежність сумарного показника забруднення атмосфери від концентрації у повітрі NO_2, CO та NO. Найбільш пов'язаними від кількості автотранспорту є відповідно показники забруднення атмосферного повітря CO, СПЗ, NO_2, NO та SO_2. Стосовно співвідношення автополютантів між собою, то найбільш тісно пов'язані відповідно, концентрація CO та NO_2, NO_2та NO, CO та NO.
3. Побудовані діаграми розсіяння взаємозалежностей кількості автотранспорту та забруднюючих речовин (рис. 2-6) підтверджує розраховані коефіцієнти кореляції, і вказує на тісний зв'язок між кількістю авто та концентрацією CO (рис. 2) та СПЗ (рис. 6).
4. Вважаємо за доцільне використання методів математичної статистики у питанні оцінки забруднення атмосферного повітря від автотранспорту і плануємо подальшу роботу по даній тематиці.

Список літератури

1. Аналіз факторів впливу для моделювання забруднення приземного шару атмосфери від рухомих джерел в м. Чернівці :автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук /Олена Юріївна Красовська; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича/Чернівці: Видавництво Чернівецького національного університету,2011. – 20 с.: іл.
2. Боровиков В. STATISTICA.Искусство анализа данных на компьютере:Для профессионалов.2-е изд. (+CD) – СПб.: Питер, 2003. – 688 с..ил.
3. Волошин І.М.,Мезенцева І.В., Лепкий М.І.Еколого-географічний та валеологічний аналіз захворюваності населення Волинської області. – 2011. – 394 с.
4. Вплив геоекологічних факторів на стан довкілля урбанізованих територій: (на прикладі Шевченківського району м. Києва): автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата геологічних наук/ Тетяна Яківна Коніцула. Київ:[б.в.],2011. – 20 с.:іл., табл.
5. Гігієнічне обґрунтування заходів з управління якістю атмосферного повітря промислового міста на основі оцінки ризиків для здоров'я населення :автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук /Василь Володимирович Загородній ; Національний медичний університет імені О.О. Богомольця МОЗ України.Київ:[б.в.],2011. – 20 с.:іл., табл.
6. Комплексна оцінка якості природної складової урбанізованих територій : автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук /Вероніка Юріївна Коріневська; Одеський державний екологічний університет.Одеса:[б.в.],2010. – 20 с. : іл..
7. Оптимізаційні моделі для аналізу емісійних сценаріїв в задачах дослідження та прогнозування процесів забруднення атмосфери урбанізованої території :автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук /Володимир Іванович Ночвай. – Київ: [б.в.], 2009..24 с. : схеми..
8. Оцінка стану забруднення атмосферного повітря великого міста :(методи аналізу,прогнозу,регулювання): монографія/І.Д. Лоєва, О.Г. Владимирова, В.А. Верлан; Міністерство освіти і науки України, Одеський державний екологічний університет. – Одеса:Екологія,2010. – 220 с.: табл., схеми.

9. Оцінка та прогнозування сучасного стану забруднення атмосферного повітря у м. Києві :автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук /Ольга Григорівна Шевченко; Київський національний університет ім. Т. Шевченка. – Київ: [б.в.], 2009. – 20 с.:іл.
10. Статистичний щорічник міста Львова за 2010 рік.за ред.. С.О. Матковського. Головне управління статистики у львівській області. – Львів, 2011. – 158с.

Бэй Л. Характер загрязнения атмосферной составляющей урбоэкосистемы Львова в зонах автотранспортной нагрузки в 2011 году / Л.И. Бэй // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И.Вернадского. Серия: География. – 2013. – Т. 26 (65), № 2. – С. 15–25.
Проанализировано состояние и характер загрязнения атмосферной составляющей урбоэкосистемы Львова в 2011 году в зонах влиянияразличного типа автомагистралей. Использованы данные передвижной экологической лаборатории ЛГС. Составлено карту точек отбора проб, создано базу данных по загрязнению атмосферного воздуха. При помощи методов математической статистики оценено степень корреляционных связей между составляющими загрязнителями и количеством автотранспорта. Построе нодиаграммы рассеяния загрязняющих веществ.
Ключевые слова: загрязнение атмосферной составляющей урбоэкосистемы, автотранспортная нагрузка, корреляционный анализ.

Bey L. The nature of pollution of atmospheric compound of Lviv urban ecosystem in the areas of road transport congestion/ L. Bey // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series : Geography. – 2013. – Vol. 26 (65), No 2. – P. 15–25.
The article analyzes the state and nature of pollution of atmospheric compound of big urban ecosystems taking as an example Lviv in 2011 in the areas of influence of different types of highways. The data of Lviv City Council mobile environmental laboratory are used for this. Based on a composed map of spots of selected samples with the most significant car congestion a dimensional data base of air pollution is created. With a help of mathematic statistics methods the level of correlation connections between the compound pollutants and the number of vehicles is estimated. The diagrams of dispersions of pollutants are built. A description of structure of pollution of the atmospheric compound urban ecosystem is made using the facilities of the software ArcView GIS 3.2a and STATISTICA 6.1 and according to which the diagrams of pollutant dispersion are built. It is shown that transport congestion is characterized be conditional and oscillatory changes in time and space. The indicators of air pollution CO, СПЗ, NO2, NO and SO2 are most related to the number of vehicles. Regarding the ratio of car pollutants the most related are the concentrations of CO and NO2, CO and NO, CO and NO. A close connection between the amount of vehicles and concentration of CO and summary indicator of pollution of mixture of substances is established.
Keywords: pollution of atmospheric compound of urban ecosystem, transport congestion, correlational analysis.