

ОСОБЛИВОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СНІГОВОГО ПОКРИВУ В МЕЖАХ МЕГАПОЛІСУ м. ЛЬВОВА

Львівський національний університет ім. І. Франка

Розглянуто особливості накопичення Cd, Sr, Mo і Cu у сніговому покриві та закономірності їх розсіювання у межах урболандшафтів м. Львова. Уміст Cd змінюється від 26,5 до 150 мкг/л; Sr – 86,5–475,5; Mo – 7–10,5; Cu – 7,5–74 мкг/л. Складено карти площинного поширення хімічних елементів у межах урбоплощі.

Ключові слова: хімічні елементи, урбоплоща, метал-аномальне поле, політанти, кислотність, депонуюче джерело, грядовий рельєф.

И. М. Волошин, О. Р. Собечко

Львовский национальный университет им. И. Франко

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА г. ЛЬВОВА

Рассмотрены особенности накопления Cd, Sr, Mo и Cu в снежном покрове и закономерности их рассеивания в пределах урболандшафтов г. Львова. Содержание Cd изменяется от 26,5 до 150 мкг/л; Sr – 86,5–475,5; Mo – 7–10,5; Cu – 7,5–74 мкг/л. Составлены карты плоскостного распространения химических элементов в пределах урбоплощади.

Ключевые слова: химические элементы, урбоплощадь, металл-аномальное поле, поллютанты, кислотность, депонирующий источник, грядовый рельеф.

I. M. Voloshyn, O. R. Sobechko

Ivan Franko National University of Lviv

PECULIARITIES OF ECOLOGICAL CONDITION OF SNOW COVER OF LVIV

Peculiarities of accumulation of Cd, Sr, Mo and Cu in the snow cover and regularities of their dispersal in the limits of urbolandscapes of Lviv have been considered. Cd content changes within 26,5 and 150 mkg/l; Sr – 86,5 and 475,5; Mo – 7-10,5; Cu – 7,5-74 mkg/l. Maps of space spread of chemical elements in the limits of urboarea have been compiled.

Key words: chemical elements, urboarea, metalanomalous field, pollutants, acidity, accumulative source, striped relief.

Вивчення урбокомплексів у зв'язку із забрудненням навколишнього природного середовища на сучасному етапі надзвичайно актуальне. Адже щорічно екологічний стан довкілля погіршується від накопичення небезпечних техногенних політантив, особливо хімічних елементів першої групи токсичності, до яких відносять миш'як, кадмій, нікель, ртуть, селен, плумбум, цинк, фтор, берилій, талій та ін.

Техногенні хімічні елементи та сполуки накопичуються у всіх компонентах природи, формують новий ландшафтно-геохімічний фактор, який стає провідним у формуванні геохімічних полів, смуг чи інших аномальних явищ. Наприклад, такі техногенні хімічні сполуки, як діоксиди сірки і азоту, надходять в атмосферу і на основі певних хімічних реакцій утворюються кислотні опади з умістом сірчаної і азотної кислот, які пошкоджують парково-вуличні насадження, лісові масиви, пам'ятники архітектури, підкислюють ґрунти, водні об'єкти.

Екологічні проблеми ландшафтних сфер та урботериторій досліджували Кабата-Пендіас А., Пендіас Х. (1989), Черваньов І. Г., Лионг Куок Бинь та ін. (1994), Гуцуляк В. М. (1995), Волошин І. М. (1998, 2003), Волошин І. М., Лепкий М. І. (2003), Волошин І. М., Мезенцева І. В. (2007, 2008), Ричак Н. Л. (2006), Волошин І. М., Собечко О. Р., Улич І. Я. (2008), Кучерявий В. П. (1999).

Теоретичні засади. Розвиток урбосфер відбувається під впливом загального геоісторичного розвитку та сучасного політехногенного навантаження. Головну роль

у трансформації природних компонентів урбосфер відіграє антропосфера, під впливом якої у межах кожної сфери (атмосфери, біосфери, геосфери, гідросфери, педосфери, ноосфери), як урбаністичних підсистем, формуються дві оболонки коеволюційного розвитку: зовнішня з природними або слабозміненими властивостями та внутрішня з новітніми геохімічними особливостями техногенного походження, які, накопичуючись, створюють надзвичайно небезпечні умови функціонування тієї чи іншої геосфери. Формування урбосфер через конструктивний, деструктивний і постдеградаційний етапи розвитку під впливом антропосферного навантаження призводить до концентрації всередині геосфер надлишкових токсикантів та інших поллютантів, які обумовлюють їх коеволюцію в деструктивно-деградаційному напрямку і набувають негативних властивостей. Ці властивості призводять до виникнення провідних внутрішніх чинників у формуванні урбогеосфер, пониження їх якості і трансформації у природно-техногенні об'єкти, без наявних зовнішніх ознак надзвичайної їх небезпеки. Згідно із запропонованими теоретичними засадами, тобто пошуками внутрішньо-сферних техногенних поллютантів у всіх компонентах урбосистеми, проводились наші дослідження.

На основі вивчення наукових здобутків різних авторів та власних досліджень встановлено закономірності розсіювання техногенних поллютантів у взаємозв'язку із морфологічною будовою поверхні, транскордонною і місцевою атмосферною циркуляцією у різні пори року на всій площі урбосистеми.

Ландшафтна структура м. Львова. Природно-територіальні комплекси Львова значно перетворені людиною, тому особливості будови цієї території доцільно вивчати на прикладі одиниць найвищого ієрархічного рівня – ландшафтів. Вони характеризуються різною геологічною будовою, макро- і мезорельєфом, зберегли свою ідентичність і репрезентують ландшафтну структуру урбосистеми. У північній та північно-західній частинах місто розміщене в межах Львівського Розточчя, у східній – Пасмового (Грядового) Побужжя, південно-східній – Давидівського пасма, південній – Львівського плато, західній – Львівсько-Любінської рівнини, центральній – долини р. Полтва.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У лютому 2009 р. проведено зйомку снігового покриву на площі м. Львова (відібрано 25 проб). У центральній частині урбосистеми одна проба характеризує 176 га. На периферії, у зв'язку з меншим техногенним навантаженням, одна точка вуличних і паркових насаджень характеризує 450 га. Крім того, на кожній точці в польових умовах визначено рН-метром Checker кислотність снігу.

У відібраних пробах атомно-адсорбційним методом визначено 14 хімічних елементів: Pb, Mn, Fe, Ti, Cu, Cd, Mo, Cr, V, Zr, Sr, Ba, Zn і Sn. Уміст, особливості поширення та акумуляції в атмосфері над урбоплощею Львова Cu, Cd, Mo і Sr наведено в таблиці.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У розподілі хімічних елементів, що випали із сніговими опадами на поверхню урбоплощі, чітких відмінностей не прослідковується, оскільки сніговий покрив на поверхні розподілився майже рівномірно. Деякі відхилення від середнього значення потужності снігу обумовлені вітровим режимом та різними гіпсометричними особливостями. Абсолютні висоти поздовжніх височинних пасом змінюються від 350 до 470 м, а відносна висота сягає 80–100 м. У загальному рельєф міста відноситься до рівнинного грядово-долинного. Такий тип рельєфу, без сумніву, має вплив на вітровий режим та перерозподіл снігового покриву і відповідно хімічних елементів, що випали на поверхню з опадами.

Необхідно відмітити, що атмосферне забруднення, яке переноситься із заходу (вітри західних румбів у зимовий період становлять 43 %) неоднорідне. Концентрація хімічних елементів у різних типах атмосферних утворень, імовірно, різна, неоднакова і кількість твердих частинок. Значну частину забруднень приносять вітри східних румбів (25 %). На розподіл та акумуляцію хімічних елементів у сніговому покриві

істотно впливає зміна напрямків атмосферних потоків над різними типами ландшафтів в окремі місяці зимового періоду. Важливу роль у нерівномірному розподілі хімічних полютантів на урбоплощі відіграє наявність прохідних долин (аеродинамічних труб), різний температурний режим. У центральній частині урбосистеми різниця температур у порівнянні з плато та грядками досить значна.

Уміст хімічних елементів у сніговому покриві м. Львова

Проба	Cd	Sr	Mo	Cu
	мкг/л			
I. Пасмове Побужжя				
21	31	177,5	7	74
II. Давидівське пасмо				
4	58,5	475,5	8,5	14,5
13	50	158,5	7	7,5
22	68,5	108,5	9	20,5
23	36,5	117	7	45
III. Львівське плато				
1	58,5	379	9	64,5
2	43	302	7	21,5
3	36,5	379	8,5	18
5	43	280	8,5	12,5
6	58,5	177,5	8,5	17
7	26,5	249,5	8,5	54
8	150	364,5	10,5	10,5
9	26,5	147	7	8
10	51,5	176,5	8,5	16,5
IV. Львівсько-Любінська рівнина				
11	43	223	7,5	13,5
12	36,5	121,5	7	28,5
14	58,5	141,5	7,5	16,5
19	31	280	7	35,5
V. Долина р. Полтва				
15	128,5	249,5	10,5	12
16	58,5	259,5	8,5	29,5
17	58,5	280	8,5	8
18	50	86,5	7,5	8
20	50	223	9,5	17
24	80	131	8,5	28,5
25	50	136	8,5	34

Установлено, що найнижчі та стабільні показники у сніговому покриві мають Sn (7 мкг/л), V (12–16), Mo (7–10,5), Mn (1–56,5; в окремих випадках – 100; 315), Pb (11,5–20), Cu (7,5–74), Cr (17–27), Zr (8–25,5) мкг/л. Найвищими показниками і найбільшим відхиленням від середніх величин характеризуються такі хімічні елементи: Fe (89–2095,5 мкг/л), Sr (86,5– 475,5), Ti (103,5–269,5), Cd (26,5–150) мкг/л. Дещо менші показники характерні для Ba і Zn, які змінюються від 8 до 182,5 мкг/л. Для Ba переважають величини до 50, для Zn – до 100 мкг/л. Подасмо загальні закономірності розподілу окремих елементів техногенного походження (таблиця).

Накопичення Cd у снігових опадах. Кадмій належить до найбільш небезпечного класу за токсичністю. Він займає високе положення за цифровими показниками. Чіткого виділення будь-якого урболандшафту за концентрацією цього токсиканта не виявлено. Максимальні величини із 25 визначень становлять 58,5–150 мкг/л, мінімальні – 8–50 мкг/л.

Найвищі показники зафіксовані в долині р. Полтва та Львівському плато і становлять відповідно 128,5 і 150 мкг/л. Однак цифрові показники не рівнозначні і варіативний показник дуже високий. Наприклад, варіаційний коефіцієнт величин кадмію у сніговій воді Львівського плато дорівнює 31,5 %, середнє квадратичне відхилення – 15,8, помилка середнього арифметичного (стандартна помилка) становить 1,8. Показник точності – 3,6 (задовільний).

Згідно з дослідженнями А. Кабата-Пендіас, Х. Пендіас (1989), середній уміст Cd у ґрунтах коливається від 0,07 до 1,1 мг/кг ґрунту. При цьому фонові величини не перевищують 0,5 мг/кг ґрунту, при рН вище 7,5 акумульований ґрунтом Cd втрачає рухомість. Сучасна концентрація Cd у верхньому шарі ґрунту дуже висока біля підприємств кольорової металургії та на орних землях із застосуванням фосфорних добрив. Концентрація Cd у ґрунтових розчинах відносно низька і становить 0,2–6 мкг/л. Уміст кадмію до 400 мкг/л і більше свідчить про забруднення ґрунтів, частки яких можуть виступати основним джерелом забруднення атмосфери і випадати з опадами. Як показують дані досліджень, кількість кадмію висока і його техногенне походження не викликає заперечень. А високий його вміст в атмосфері, рослинах, ґрунтах створює велику небезпеку для людського організму і виникнення техногенних захворювань.

Проведено картографування урбоплощі Львова за вмістом хімічних поллютантів у талій сніговій воді (програма ArcView GIS 3.2). Особливості розподілу Cd, що виявлений у сніговому покриві, представлені на рис. 1. Найвища концентрація його зафіксована у центральній та південно-західній частинах урбоплощі. На картосхемі чітко прослідковується концентрація техногенного поллютанту по лінії руху південно-західних вітрів та вплив місцевої атмосферної циркуляції. У двох Cd-аномальних полях, що чітко виокремлені на картосхемі, кількість кадмію (ландшафти Львівського плато, долина р. Полтва) сягає 128,5–150 мкг/л. На периферії цих полів його кількість зменшується до 51–58 мкг/л. Однак підвищений уміст Cd перекриває всю північно-східну частину площі. На крайніх північних частинах урбоплощі кількість цього поллютанту зменшується до 31 мкг/л. Це підтверджує припущення про те, що додатковим депонуючим джерелом кадмію у центральній частині міста є збільшення товщини снігового покриву за рахунок загальних та місцевих циркуляційних атмосферних процесів.

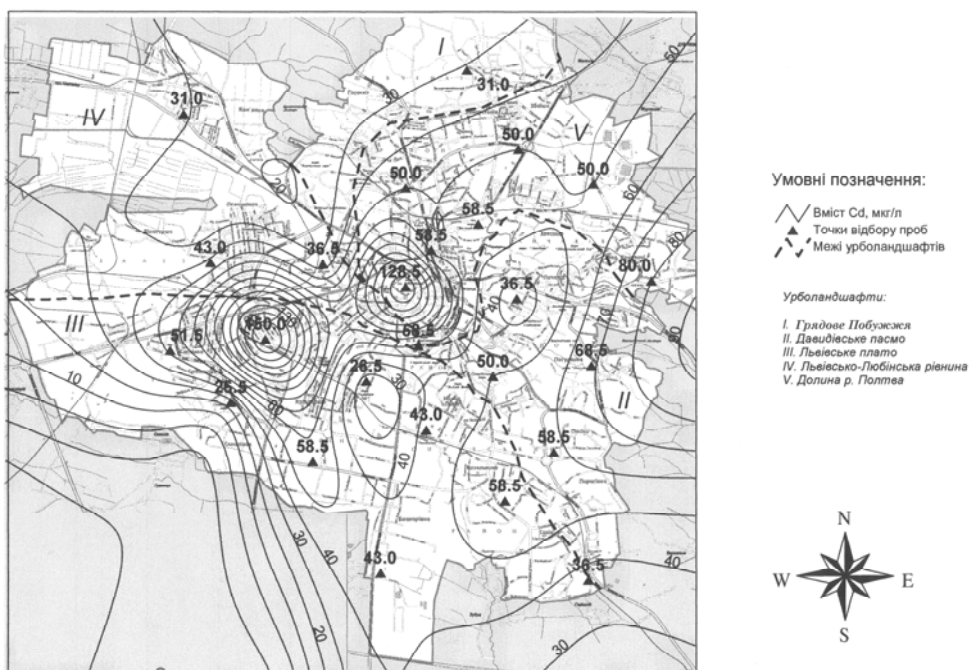


Рис. 1. Розподіл Cd у сніговому покриві м. Львова

Звичайно, висвітлити повну картину розподілу кадмію, як і інших техногенних поллютантів, можна тільки в разі проведення систематичних спостережень за товщиною снігу на всій урбоплощі, вивчення режиму місцевих вітрів навколо центральної частини міста у зимовий і літній періоди, установлення моніторингових точок (постів), вивчення стану трансграничних повітряних мас протягом усіх сезонів року, що допоможе розробити кардинальні заходи оптимізації та збереження довкілля, покращення стану здоров'я населення.

Особливості розподілу Sr. Стронцій – досить широко поширений мікроелемент у земній корі, переважно концентрується в магматичних породах, карбонатних відкладах. Біохімічні властивості близькі до Са. Стронцій акумулюється у глинистих мінералах, зв'язується з органічною речовиною. Уміст Sr у ґрунтах пов'язаний з материнськими породами. У верхніх горизонтах ґрунту може коливатись від 18 до 3500 мг/кг. При цьому найвищий уміст Sr зафіксований у чорноземах і лісових ґрунтах. Середній уміст його в ґрунтах США становить 110–445 мг/кг.

Досліджено (Кабата-Пендіа, 1989), що середній уміст Sr у поверхневому шарі ґрунтів різних країн неоднаковий і дорівнює 17,2–675 мг/кг. У ґрунтах США зафіксований найвищий його вміст – 70–2000 мг/кг сухої маси. Високий уміст виявлений у харчових і кормових рослинах. Середній показник змінюється від 1,5 до 662 мг/кг сухої маси. Уміст Sr у ґрунтах та рослинах є джерелом цього політанта в атмосферному повітрі і відповідно у сніговому покриві. Стронцій використовується у кольоровій металургії, лакофарбовій, акумуляторній промисловості, зустрічається як домішка в мінеральних добривах (фосфорні, 6,72 г/кг).

Уміст Sr в опадах снігу займає найвищі позиції серед даних хімічних елементів. Максимальні величини зафіксовані у Грядовому Побужжі – 475,5 мкг/л, Львівському плато – 364, Львівсько-Любінській рівнині – 280, долині р. Полтва – 280 мкг/л. У сніговій воді всіх перерахованих ландшафтів зафіксована дуже велика мінливість цифрових показників. Найбільш стабільні і високі величини характерні для Львівського лесового плато – 147–379 мкг/л, у сніговому покриві інших ландшафтів уміст стронцію змінюється від 86,5 до 379 мкг/л.

Проведено картографування розподілу Sr у сніговому покриві урбоплощі м. Львова (рис. 2). На відміну від розподілу хімічних політантів, максимальні величини яких сконцентровані у смузі південний захід центральної частини урбосистеми – північний схід, Sr утворює чотири метал-аномальні поля, що майже повторюють грядовий рельєф і збігаються з ландшафтами Грядового Побужжя, Давидівського пасма, південно-східного краю Львівського плато. Виділяється також аномальне стронцієве поле в центральній частині Львівського плато.

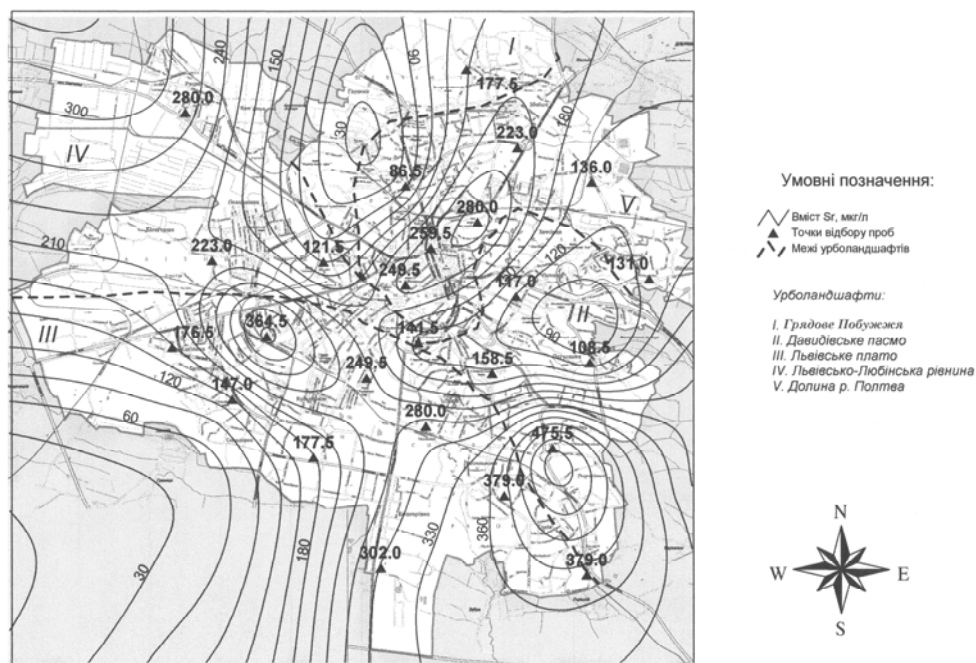


Рис. 2. Розподіл Sr у сніговому покриві м. Львова

Серед причин такого розподілу Sr у сніговому покриві можна відмітити: переважання загального руху повітряних мас із південного заходу на північний схід, наявність долинно-грядового рельєфу та циркуляція місцевих вітрів в умовах складної будови поверхні. Відмітимо, що величини Sr у центрі аномальних полів становлять 364,5; 475,5; 379; 259 мкг/л. Не виключено, що на місцеві джерела викидів у атмосферу припадає деяка частина депонованого Sr. Але основна його частина привнесена транскордонними та трансконтинентальними забрудненими повітряними масами.

Уміст Мо у ґрунтах звичайно близький до його вмісту в материнських породах. У ґрунтах світу кількість цього металу змінюється у межах 0,013–17 мг/кг. У ґрунтах США його кількість коливається у межах 0,08–30 мг/кг при середньому значенні дещо більшому за 1 мг/кг ґрунту.

Важливими джерелами постачання Мо в атмосферне повітря є побутове сміття та різні стоки. Надходження техногенного Мо у повітряний простір відбувається за рахунок викидів лакофарбової промисловості, кольорової металургії. Використовуються цей елемент у авіа- та автомобілебудуванні, перспективний як термостійкий метал (Советский энциклопедический словарь, 1990).

Уміст молібдену, що визначений у 25 зразках снігу, невисокий. Розподіл величин у межах п'яти ландшафтів рівномірний і тільки в окремих зразках перевищує 8,5 мкг/л або знижується до 7. Величини Мо у сніговій воді за розподілом близькі до Cr, V, Sn. Складається враження, що Мо, накопичений у твердих частинках, не піддається переміщенню під впливом місцевих вітрів і на відміну від інших хімічних полютантів випадає на поверхню рівномірно. Відмітимо дещо нижчі показники Мо у сніговому покриві Грядового Побужжя, Давидівського пасма та Львівсько-Любінської рівнини (7–7,5 мкг/л). Вищі показники виявлені у сніговій воді в межах Львівського плато, долини р. Полтва (8,5–10,5 мкг/л).

Однак можна зробити висновок про те, що вміст Мо у всіх ландшафтних виділах урбоплощі майже однотипний, а ландшафти різної морфоструктури істотно не вплинули на розподіл цього елемента. Відмітимо також, що техногенного молібдену на період досліджень у сніговій воді виявлено дуже мало. Втім, і вміст Мо в осадових породах невеликий. Найбільша його присутність пов'язана з гранітними та іншими кислими магматичними породами. У цілому у цих породах його вміст коливається в межах 1–2 мг/кг породи (Кабата-Пендіас, 1989).

Складена картосхема акумуляції Мо у сніговому покриві, що випав на поверхню урбоплощі Львова (рис. 3). Як видно із картосхеми, розподіл цього полютанту на урбоплощі нерівномірний. Максимальні величини приурочені до центральної частини міста і повторюють розподіл інших полютантів, які виявлені у снігових опадах, тобто приуроченість вмісту Мо до ділянок, що збігаються з напрямком південно-західних вітрів з максимальними величинами 9,5–10,5 мкг/л. Не виключається можливість впливу місцевої циркуляції повітряних мас, тобто впливу на розподіл полютантів долинно-грядового рельєфу. На периферії величини Мо змінюються від 5 до 8,5 мкг/л.

Уміст Cu у сніговій воді порівняно з величинами інших полютантів (Sr, Ba, Fe, Ti, Zn) характеризується величинами, що не перевищують 35 мкг/л. Тільки у двох пробах (ландшафти Пасмове Побужжя, Львівське плато) становлять відповідно 74 і 64,5 мкг/л. Уміст його у сніговому покриві не стабільний і виділити будь-який ландшафт за високими показниками неможливо. Наприклад, уміст купруму у зразках снігу в межах Давидівського пасма змінюється від 7,5 до 45 мкг/л, Львівського плато – 8–64,5, Львівсько-Любінської рівнини – 13,5–35,5, долини р. Полтва – 8–29,5 мкг/л.

Проаналізовані цифрові показники дають можливість зробити висновок про те, що транскордонні та локальні снігові опади неоднорідні за вмістом різних хімічних елементів. Крім того, значний вплив на концентрацію та переміщення трансконтинентальних атмосферних потоків мали південні вітри, що у зимовий період дорівнюють 12 % річних показників. Вони видозмінювались рельєфними умовами та місцевою циркуляцією.

Таким чином, основна доля забруднення атмосферного повітря молібденом пов'язана з техногенними процесами за межами території України і привнесена з атмосферно-сніговими потоками.

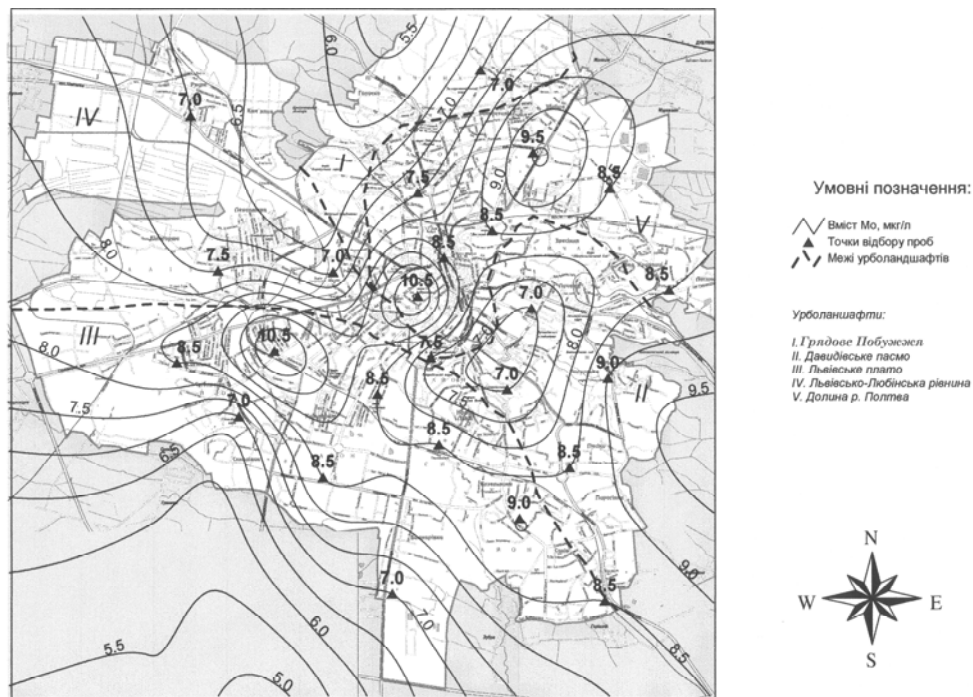


Рис. 3. Розподіл Мо у сніговому покриві м. Львова

Уміст Си. Джерела постачання купруму в атмосферне повітря – добрива, отрутохімікати, сільськогосподарські та комунальні відходи, корозія, кольорова металургія.

На рис. 4 подається картосхема площинного розподілу Си у межах урбоплощі Львова, яка складена із застосуванням ГІС-технологій. На картосхемі виділено три великі центри накопичення купруму у снігових опадах над територією урбосистеми.

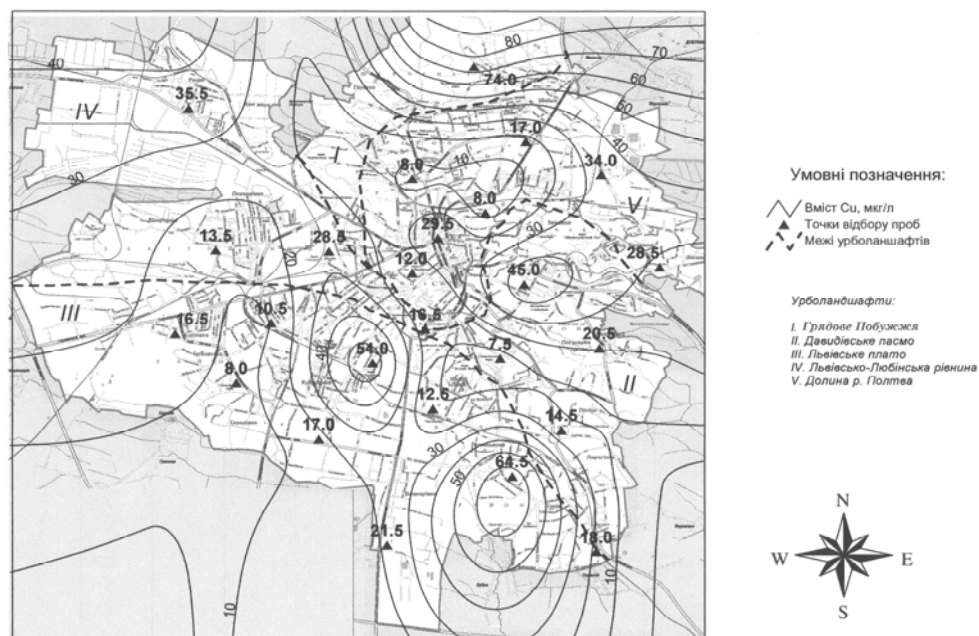


Рис. 4. Розподіл Си у сніговому покриві м. Львова

При цьому два з них розміщені у межах Львівського плато, третій – у Грядовому Побужжі. Відмітимо ще одну особливість формування метал-полів з максимальним накопиченням техногенного купруму – у їх формуванні беруть участь вітри північно-східного напрямку. У цьому напрямі виділились три аномальні поля концентрації максимальних величин у центральній частині урбосистеми. Звичайно, відповідну роль відіграли і місцеві вітри, які спрямовані з підвищеної території у понижені долинні комплекси.

ВИСНОВКИ

Вивчено вміст хімічних елементів (Cd, Sr, Mo, Cu) у сніговому покриві. Одержано такі висновки методичного і теоретичного характеру:

- проби снігу необхідно відбирати відразу після його випадіння, щоб уникнути впливу техногенних поллютантів місцевого походження на хімічний склад снігу. У наступні дні зафіксовано трансформацію кислотного показника рН у бік нейтральної реакції;

- розсіювання та акумуляція техногенних поллютантів на дослідній площі має трансконтинентальне (транскордонне) походження. Вплив місцевих джерел викидів незначний. На загальну циркуляцію повітряних мас впливають морфоструктура поверхні та місцеві вітри. Метал-аномальні поля з максимальною акумуляцією поллютантів сформовані на осі руху забрудненого повітря із південного заходу на північний схід.

Уміст Cd у сніговому покриві м. Львова становить 26,5–150 мкг/л, Sr – 86,5–475,5, Mo – 7–10,5, Cu – 7,5–74 мкг/л.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І. М. Волошин. – Львів : Простір М, 1998. – 356 с.

Кабата-Пендіас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 439 с.

Советский энциклопедический словарь / Под ред. А. М. Пархомова. – М. : Сов. энцикл, 1990. – 1630 с.

Надійшла до редколегії 04.02.10