

УДК 504.054:574.3; 631.95: 631.433; 632.15

МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ СНІГОВОГО ПОКРИВУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В ЗОНАХ СТАЛИХ АЕРОТЕХНОГЕННИХ ЕМІСІЙ ЗАБРУДНЮВАЧІВ

В.Л. Самохвалова*, А.І. Фатєєв*, В.П. Ворон**, Є.В. Лучникова

Моніторинг забруднення снігового покриву важкими металами в зонах сталих аеротехногенних емісій забруднювачів - В.Л. Самохвалова, А.І. Фатєєв, В.П. Ворон, Є.В. Лучникова. - За проведення ґрунтово-геохімічних обстежень та використання алгоритму еколого-геохімічного картографування депонуючих середовищ зон сталих та перманентних аеротехногенних емісій Харківської області встановлено кількісні зв'язки між вмістом металів в атмосферному повітрі та їх випадінням на ґрунти забруднених територій, утворення аномалій їх вмісту в сніговому покриві. На підставі встановлених закономірностей проведено оцінку забруднення важкими металами в системі «атмосферний аерозоль - випадіння» згідно з розробленим переліком абсолютних та відносних показників оцінювання.

Ключові слова: моніторинг, сніговий покрив, аеротехногенні емісії, важкі метали, оцінка забруднення.

*Адреса: *ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», лабораторія охорони ґрунтів від техногенних забруднень, вул. Чайковського, 4, м. Харків, 61024*

тел.: +380(572)704-16-67; E mail: v.samokhvalova@ua.fm

***УкрНДДЛГА ім. Г.Н. Висоцького, лабораторія екології лісу, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024*

Monitoring of snow cover pollution by heavy metals in the areas of pollutants constant aerotechnogenic emissions - V.L. Samokhvalova, A.I. Fateev, V.P. Voron, J.V. Luchnykova. - Conducting of soil-geochemical investigations, using elaborated method of deposit environments ecological and geochemical mapping of permanent and constant aerotechnogenic emissions areas of the Kharkiv region quantitative dependences between metals content in atmospheric air and their falls on contaminated territories, formation of their anomalies maintenance in a snow cover were set. On the basis of the quantitative conformities setting and according to the elaborated list of absolute and relative estimation indexes the assessment of heavy metals contamination in the system «aerosol - falls» is conducted.

Key words: monitoring, snow cover, aerotechnogenic emissions, heavy metals, pollutants assessment.

Address: NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky", department for soil preservation from technogenic pollution, Chajkovsky str., 4, Kharkiv, 61024 tel.: +380(572)704-16-67, E-mail: v.samokhvalova@ua.fm

*** The Ukrainian research institute for forestry and agricultural afforestation named after G.N. Visotsky, department of the forest ecology, Pushkinsky str., 86, Kharkiv, 61024*

Вступ

Сучасна практика раціонального природокористування передбачає використання наступних принципів: скорочення шкідливих викидів і скидів у навколишнє середовище; застосування безвідхідних технологій і замкнутих циклів водоспоживання; комплексне використання мінеральних ресурсів; всебічна оцінка геологічних умов у промисловому будівництві; поліпшення якості життя людей за рахунок збереження стану довкілля [1-6]. Однак, подальший розвиток промисловості, енергетики, транспорту й агросектору неминуче призводить до систематичного збільшення аеротехногенних викидів у довкілля. Отже, актуалізується необхідність діагностування та оцінки забруднень різної природи та спектру дії, урахування домінування серед аеротехногенних викидів

хімічних елементів, що відносяться до різних класів токсикантів.

Одним з діючих механізмів забруднення ґрунтів та поверхневих вод у зимовий час є нагромадження техногенних аерозолів в сніговому покриві. При наступному таненні снігу частина забруднюючих речовин залишається у ґрунтах, де відбувається їхнє накопичення й перетворення, інша частина потрапляє у водойми [7-8].

Для проведення коректних оцінок забруднення депонуючих середовищ (сніг, ґрунт) необхідним є проведення порівняльного аналізу отриманих даних з існуючими аналогами. Порівняльний аналіз існуючих даних показав, що середній вміст Pb, Cd у атмосферних опадах для полярних областей і над акваторією океанів складав в першій половині 80-х років минулого століття відповідно 0,09 - 0,008 мкг/л, в сільських районах

– 12 і 0,5 мкг/л відповідно, для урбанізованих територій – 44 та 0,7 мкг/л [9]. За даними Л.В. Бурцевої [10] в сніговому покриві Антарктиди концентрація Pb складала 0,03-0,04, Cd - 0,032-0,26 мкг/л, а в Березинському біосферному заповіднику вміст Pb - відповідно 1,6-22, Cd - 0,1-1,0 мкг/л. Найбільші концентрації цих металів відмічено в опадах в континентальній частині Європи, Азії та Північної Америки (Pb - 3,3-9,3, Cd - 0,34-0,50 мкг/л). У східній Європі вміст ВМ був ще вищим: Pb відповідно - 1,3-35, Cd - 0,1-1,2

мкг/л [11]. Іншими дослідниками [12] встановлено інші діапазони коливання вмісту в атмосферних опадах: Cd в межах - 0,05 -17,7; Co-0,04-4,2 ; Cr-0,1-20; Cu-0,5-82; Ni-1-23; Pb-0,3-190; Zn- 10-200 мкг/л.

Фонові значення вмісту металів в опадах наводяться в [13,14], їх автори встановили, що вміст ВМ та щільність їх випадіння в різних частинах Європи досить різняться (табл.1).

Таблиця 1 – Фоновий вміст металів в опадах і щільність їх випадіння в різних частинах Європи в 80-ті роки XX століття

Table 1 – Background maintenance of metals in precipitations and compactness of their falls in different parts of Europe in the end of 80 years XX century

Регіон	Co	Cr	Cu	Ni	Zn
Вміст ВМ в опадах (мкг/л)					
Країни Балтії	0,3	5,5	5,1	-	10
Центр ЄС		5,0	3,8	-	
Західна Європа	0,44	3,2	2,6	5,1	6,0
ЄС	0,57	3,2	3,4	2,0	7,3
Щільність випадіння (г/ га рік)					
ЄС	6,3	69,0	135,0	140,0	350,0

За даними Харківського обласного центру з гідрометеорології, який проводить спостереження за забрудненням атмосферного повітря міста Харкова, індекс забруднення атмосфери міста за останні роки має тенденцію до зниження. В 2005 році він становив – 5,38, за 2004 рік - 5,93, в 2003 році - 5,98, в 2002 році - 6,06 [15].

На Зміївській ТЕС (ЗТЕС), як вагому джерелі аеротехногенних емісій Харківської області, щорічно спалюється близько 5 млн. тонн високосольного вугілля. Частка валових викидів в атмосферне повітря від ЗТЕС складає понад 60 % від загального обсягу викидів по області в цілому. Основну частину забруднення складають високотоксичні для довкілля окиси сірки та азоту, тверді речовини (попіл), а також важкі метали (ВМ) та канцерогени, які викидаються в атмосферу з димових труб висотою 180 і 250 м, та за рахунок пилу золошлаковідвалу [16]. Таким чином, значні кількості аеротехногенних викидів ЗТЕС та Балаклієвського цементного комбінату (ВАТ «Балцем»), як основних джерел забруднення Харківського регіону, поширюються на значні площі.

Оцінка вмісту ВМ в атмосфері повітря проводиться за середньодобовими концентраціями. Через трудомісткість відбору проб повітря і складності аналізу широкого спектру хімічних елементів, як правило, метали в

атмосферному повітрі не контролюються, за виключенням промислових зон. Крім того, в

умовах великих міст зі складною промислово-селітебною забудовою, обмежене число стаціонарних постів не дозволяє одержати достовірну інформацію про просторовий розподіл забруднюючих речовин на всій території, що знаходиться під впливом аеротехногенного забруднення.

Виникає нагальна потреба проведення постійного моніторингу та систематизації отриманих даних з складанням картосхем поширення забруднювачів в зонах сталих та перманентних аеротехногенних викидів контамінантів, що сприятиме вирішенню питань діагностики, оцінки та прогнозування забруднень хімічними елементами в системі «повітря – ґрунт – рослина».

Мета роботи – моніторинг аеротехногенного забруднення за впливу сталих аеротехногенних викидів ЗТЕС та ВАТ «Балцем», розробка складових методології картографування снігового покриву, ґрунтів як середовищ, що депонують складові твердих викидів та аерозолів; визначення їх якісного, кількісного складу та встановлення закономірностей їх просторового розподілу, узагальнення даних та виявлення виду функцій розподілу нерозчинних та розчинних форм металів-токсикантів у сніговому покриві на ґрунтах різної буферної здатності.

Матеріали та методи досліджень

Основним методом вивчення просторової структури розподілу металів в депонуючих природних компонентах (сніг, ґрунт) є метод геохімічного картографування. Суть методу полягає у відборі проб снігу (ґрунту) відповідно до пунктів спостереження з подальшим аналізом проб на вміст ВМ, виділення зон забруднення (ділянки території із вмістом металів, що достовірно статистично перевищує можливу варіацію їх вмісту в регіональних фонових умовах, тобто на аналогічній в ландшафтному відношенні території без техногенної дії).

Методика досліджень снігового покриву включала проведення снігової зйомки відповідно до [17-19] та визначення елементного складу нерозчинних і розчинних складових аерозолів, що накопичуються в сніговому покриві за визначення хімічного складу снігу згідно з [20]. Відбір снігових проб здійснювався у 40 точках навколо ЗТЕС та 6 точках навколо ВАТ «Балцел», передбачав три тури обстежень за період 1990 - 1995 – 2006 рр. Кількість точок випробування снігу забезпечила виявлення найважливіших осередків аеротехногенного забруднення. Щільність відбору - 1-5 проб на 1 км². З метою встановлення територій з найбільшим ступенем забруднення кількість точок відбору проб збільшували до 25-30 проб на км². За вивчення розповсюдження промислових викидів точки відбору проб снігу розміщували на ділянках з мінімальним впливом автомагістралей (на відстані не менше 25-30 м від полотна дороги). Фонові ділянки обирали на територіях позбавлених або за мінімального впливу забруднення.

Оскільки стабільний сніговий покрив формувався, як правило, на початку грудня, на момент відбору аеротехногенні викиди осідали на снігову поверхню на протязі чотирьох місяців (товщина снігового покриву досягала 30-50см, що відповідало запасу води 330- 490 м³/га).

Проби снігу відбирають перед початком сніготанення і в період максимального накопичення забруднювачів за румбами на всю потужність шурфів сніговідбірниками, фіксується площа шурфу і кількість діб від дати встановлення снігового покриву до дня відбору проб. Розміри шурфу заміряються по довжині і ширині для розрахунку площі, на яку проєктуються випадіння з атмосфери. При цьому вага проби складала не менше 5 кг, для одержання маси випадінь та була достатньою для проведення аналізу на вміст ВМ. Дата відбору фіксується, що дозволило визначити час, за який накопичилися в сніговому покриві атмосферні випадіння. Вона

розраховується від дати встановлення стійкого снігового покриву. Відібрані проби снігу розтоплюють і за використання центрифуги відділяють тверду фракцію випадінь.

Алгоритм моніторингу забруднення повітря за станом снігового покриву зон аеротехногенного забруднення та впливу сталих аеротехногенних викидів ЗТЕС та ВАТ «Балцел» включав розробку складових методології картографування снігового покриву за використання наступних методів досліджень:

аналітичні (елементний аналіз аерозольних накопичень снігу здійснюється за використання атомно-абсорбційного методу);

статистичні (визначення інтервалів, похибки, математичного сподівання, варіаційного ряду, аналізу кривої розподілу безперервних величин, моди та медіани, середнього арифметичного, середнього геометричного, дисперсії, стандартного відхилення, коефіцієнту варіації, помилок репрезентативності та ін. згідно з [21-22]),

геостатистичні (за використання методу ординарного кригінгу відповідно до [23-25],

картографічні (моделювання просторового розподілу елементів за допомогою ГІС, інтерполяція, складання картосхем просторового розподілу розчинних та нерозчинних форм важких металів (ВМ) у сніговому покриві території сталих аеротехногенних емісій згідно з [26-28] та за використання пакету *MapInfo* 8).

Результати та їх обговорення

За проведення ґрунтово-геохімічних досліджень в зонах сталих та перманентних аеротехногенних емісій Харківської області встановлено, що розповсюдження аеротехногенного забруднення повітря сягає значної відстані у зв'язку з висотою викидів. За використання даних космічних знімків високої роздільної здатності (*Spot-4, Landsat 7*) виявлено, що розповсюдження викидів по факелу досягає 20 км, аерозольна частка їх поширюється на значно віддалені території від джерел аеротехногенних емісій.

На основі аналізу отриманих даних щодо моніторингу снігу та ґрунту було обрано середній масштаб 1:150 000 та використано метод кригінгу, що дозволило надати точні оцінки пропущених значень і виявити можливі помилки.

Метод кригінгу відноситься до геостатистичної інтерполяції (визначення закономірностей зміни дисперсії значень показника, що моделюється - вміст ВМ у сніговій

воді) між точками в просторі і виявлення істотних розходжень у значеннях даних за допомогою вагових коефіцієнтів. Завдяки проведенню просторової кореляції даних цей метод дає кращі результати в порівнянні з методом середньозваженої відстані, в нашому випадку через нерівномірне розташування точок відбору проб.

За використання методу ординарного кригінгу виходили з того, що природа поверхні - статистична і слід розглядати три її складові частини: 1 – відображає загальний тренд поверхні у визначеному напрямку; 2 - якість випадкових відхилень, що взаємно пов'язані, 3 - випадкова. Такий підхід дозволив оптимізувати інтерполяцію шляхом розподілу просторових варіацій на три незалежні компоненти: детерміновану варіацію; просторово автокореляційну, що залежить від сусідніх значень даних; шуми.

Для одновірної функції модель має вигляд [21]:

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s), \quad (1)$$

де $Z(s)$ – перемінна тренду $\mu(s)$, символ s вказує на положення точки (має координати x (довгота) і y (широта));

$\varepsilon(s)$ - випадкові, що корелюють.

У нашому випадку модель ординарного кригінга визначається формулою:

$$Z(s) = \mu(x) + \varepsilon, \quad (2)$$

де $s = (X, Y)$ - положення точок; наприклад, координати однієї з опорних точок s

$Z(s)$ - значення вимірюваної величини для даної точки.

Модель заснована на постійному середньому $\mu(x)$ для даних (тренд відсутній) і на випадкових помилках (ε) із просторовою залежністю, що є одними з основних складових ординарного кригінгу [21, 25]. Таким чином, ординарний кригінг використано для даних, для яких присутній тренд. Відсутній спосіб вирішення у випадку використання тільки даних щодо досліджуваної території як результату автокореляції (між помилками ε з константою μ) або тренду (коли значення μ змінюється з кожною точкою s).

Виділення інтервалів відбувалося за допомогою статистичних методів [25]. Угруповання кількісних ознак передбачало розподіл всього діапазону значень вмісту ВМ у сніговому покриві на інтервали однакового розміру.

Вибір числа класів (k) здійснювали довільно, але з огляду на обсяг вибірки. Зі збільшенням

вибірки від 20- 30 до 500- 1000 точок число класів збільшують від 5-6 до 10-11. У нашому випадку при обсязі вибірки 40 - число класів складало 5. Від числа класів залежить їх ширина або класовий проміжок, вибір якого є теж певною мірою довільним.

Наближену оцінку класового проміжку (c) можна одержати, розділивши інтервал, у межах якого варіюють вибіркові значення випадкової величини, на заплановане число класів. Для цього серед усіх значень вмісту ВМ у сніговому покриві знаходять мінімальне (X_{min}) і максимальне (X_{max}), а різницю між ними ділять на k . Отримане відношення округлили до найближчого "зручного" числа, який і обирають в якості класового проміжку (c).

Обов'язковою умовою є визначення точності класового проміжку (c), що має відповідати точності обчислення отриманих значень випадкової величини (тобто вмісту ВМ). Якщо визначити погрішність, з якою проводяться виміри, через Δ , то класовий проміжок (c) повинний бути кратним цілому числу погрішностей Δ , тобто повинна дотримуватись умова - $c \pm m\Delta$, де m - деяке ціле число, рівне або більше 1.

Виділення самих класів починається з установлення початку і кінця кожного з них і знаходження їх середини. Під початком і кінцем класу варто розуміти відповідно ті найменші і найбільші значення вмісту ВМ, що мають бути віднесено до даного класу. Нумерацію ведуть від класів з найменшими значеннями величини до класів з найбільшими значеннями. Таким чином, кінець будь-якого попереднього класу менше початку наступного, завжди на величину Δ . Якщо кінець j -го класу є x'_j , а початок $(j+1)$ -го класу є x'_{j+1} , то $x'_j + x'_{j+1} - \Delta$. Початку сусідніх класів, як і їхні кінці, відрізняються один від одного на величину класового проміжку, тобто $x'_{j+1} = x'_j + c$.

У нашому випадку зручніше було знаходити значення середин класів, а не їх початку і кінця. Таким чином, після вибору ширини класу в X_{min} (від X_{min} до $X_{min} + 0,5c$) обране числове значення, що задовольняє "зручності", і приймається за середину першого класу. Далі за використання приведених вище співвідношень, установлюють середини інших класів, їх початки і кінці.

Наступним кроком є виділення границь між класами $x_{j/(j+1)}$, кожен з яких слід розглядати одночасно і як верхню границю попереднього j -го класу і як нижню границю наступного $(j+1)$ -го класу [17]. Границя між класами дорівнює напівсумі кінця попереднього і початку наступних класів:

$$x_{j/(j+1)} = (x'_j + x'_{j+1}) / 2 \quad (3)$$

За урахування вище наведених позицій проведено районування забруднення (надлишку ВМ) снігового покриву у межах окремих адміністративних районів Харківської області (Зміївського, Балакліївського). Створено електронні картосхем щодо встановлених просторових залежностей розподілу ВМ (розчинних та нерозчинних форм) за забруднення атмосфери (рис.1).

Встановлено, що забруднення збільшується у південно-східному напрямку, де додається вплив аеротехногенних викидів ВАТ "Балцем". Результат впливу джерел аеротехногенного забруднення (ЗТЕС та ВАТ «Балцем») виявився також у зміні показників хімічного складу снігової води, насамперед вмісту асоціацій ВМ (розчинні та нерозчинні форми). На основі встановлених кількісних закономірностей проведено оцінку забруднення атмосферного повітря ВМ за абсолютними та відносними показниками. Розроблений перелік показників надано в таблиці 2.

Методика оцінки забруднення снігового покриву в зонах аеротехногенних емісій ВМ передбачала урахування джерел забруднення атмосфери в рамках моніторингу окремих фізико-хімічних показників забруднення атмосферного повітря, встановлення загальних просторових закономірностей забруднення снігового покриву ВМ за різних типів техногенного забруднення атмосфери та використання методів його вивчення.

Встановлено, що сума елементів в залежності від відстані до джерела аеротехногенних викидів коливається у межах 29-145 мг/л атмосферних опадів або 150-725 кг/га. Розраховано, що надходження нерозчинних форм Pb з твердими викидами становить 109 т на рік, Mn – 234 т, Co – 10 т, Cu – 49 т, Zn – 129 т на рік.

Виявлено, що мілкодисперсні частки розповсюджуються до 22 км від центру емісії ЗТЕС, що відповідає перевищенню фонових рівнів вмісту Pb, Cu, Fe, Cd, Ni, Cr у 2-5 разів.

На поверхню ґрунту в радіусі 1-5 км випадає від 130 до 394 т/км² пилу, в зоні 5-10 км – від 50 до 120 т/км², на відстані 10-15 км – від 10 до 50 т/км² пилу.

За використання розрахункового методу, на підставі середнього вмісту ВМ у вугіллі (Zn - 127, Ni - 27, Co - 8, Fe - 2250, Mn - 300, Pb - 12, Cu - 34, Cr – 52 мг/кг), середнього

вмісту ВМ у шлаку (Zn – 3,4, Ni – 1,9, Co – 0,75, Fe - 201, Mn – 26,5, Pb – 27, Cu – 2,6, Cr –

0,65 мг/кг) розраховано, що з газопиловими викидами надходить до атмосфери 97% Zn, Co – 90%, Fe – 99%, Mn – 91%, Pb – 77%, Cu – 92%, Cr – 99%.

Визначено, що з сніговими опадами на поверхню ґрунту надходить значна кількість ВМ. Вміст Cu, Fe, Zn, Mn, у водорозчинній формі складає 2,9; 3,9; 4,2; 4,7 мг/л талої води відповідно. Максимуми вмісту розчинних форм всіх визначаємих ВМ спостерігаються у зоні безпосереднього впливу емісій (0-10 км), Zn та Mn - на відстані до 20 км від центру викидів. Значно більшу величину складають нерозчинні у воді сполуки ВМ, як компоненти аеротехногенних викидів. Так, вміст Zn у 1 кг викидів коливався у межах 200-800 мг, Co – 10-100 мг, Cu – 80-250 мг, Pb – 42-1000 мг/кг твердих викидів залежно від відстані до джерела аеротехногенних емісій (рис. 2).

Отже, вміст різних форм ВМ у складі аеротехногенних викидів змінюється в залежності від відстані до джерела забруднення, просторового перерозподілу забруднюючих речовин. Метали, що містяться у викидах промислових об'єктів, є індикаторами техногенного впливу викидів на довкілля. Розподіл ВМ у депонуючих середовищах фіксує джерело забруднення та зони їх впливу.

Порівняльний аналіз вмісту ВМ у сніговому покриві за три тури обстеження (в період 1990 - 2006рр.) свідчить про те, що вміст ВМ в сніговому покриві техногенних зон ЗТЕС та ВАТ "Балцем" як видно із наведених в таблицях 1 та 3-4 даних значно перевищує фонові значення вмісту Zn, Cd, Pb та Cu для опадів (в десятки, сотні разів), та найвищі їх концентрації в урбанізованих районах Європи.

Протягом 15 років спостережень також встановлено, що між техногенними зонами ЗТЕС та ВАТ "Балцем" відмічається істотна різниця щодо вмісту окремих металів. В зоні цементного виробництва значно вища концентрація Ni, Pb та Mn. Існує також різниця у співвідношенні металів техногенних зон певних виробництв. Так у техногенній зоні ЗТЕС за величиною вмісту ВМ складають наступний ланцюг: Fe > Zn > Mn > Cu > Pb > Cd > Ni > Co > Cr, який є ідентичним для більшості точок моніторингу. Вміст елементів із відносно низькими концентраціями (Ni, Co та Cr) змінюється у більшій мірі.

Встановлено, що за локального характеру забруднення в зоні впливу ВАТ "Балцем", співвідношення ВМ змінюється в залежності від місця знаходження точок

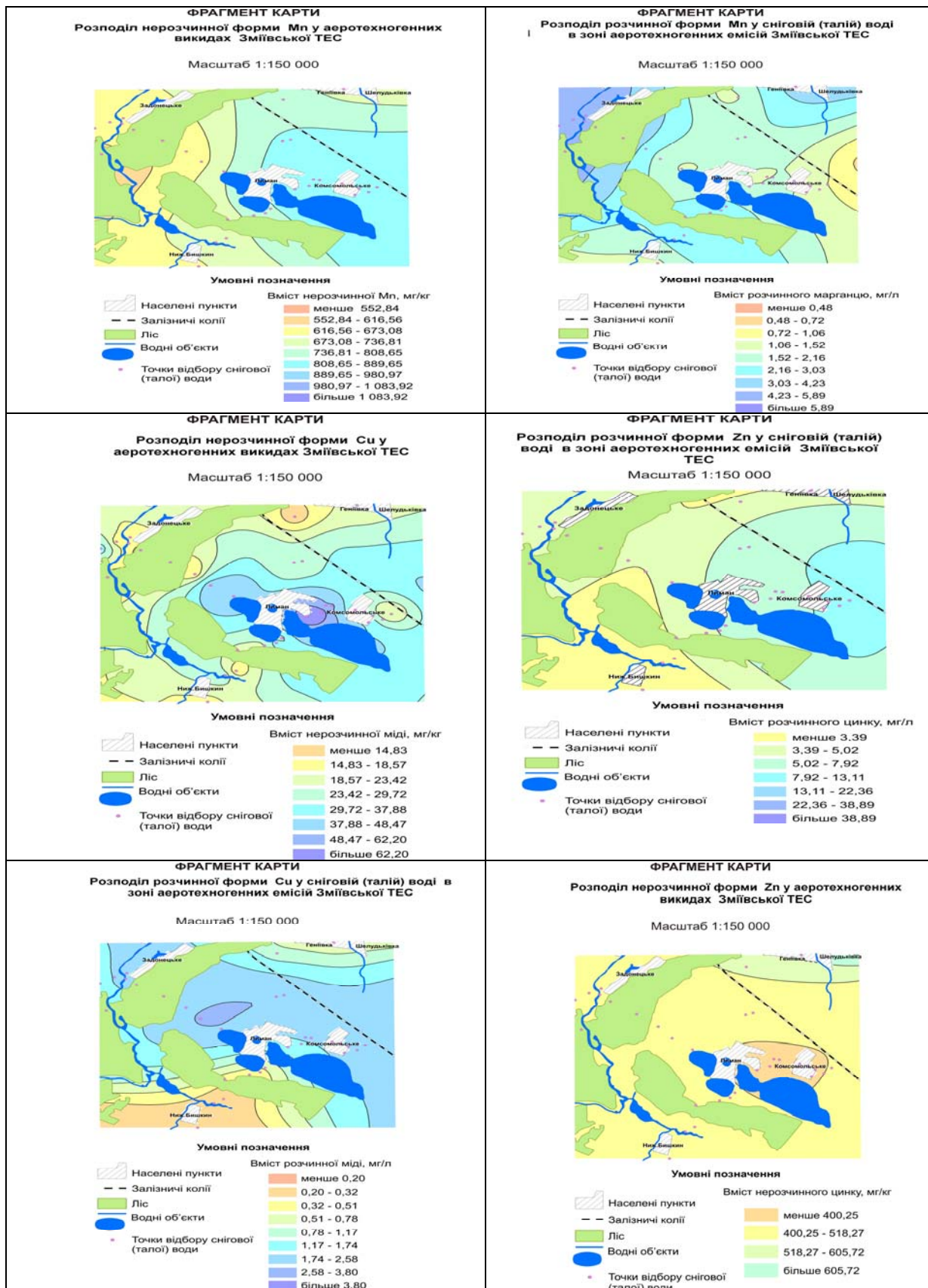
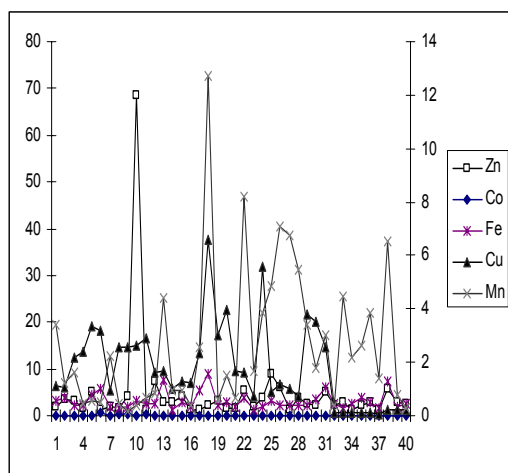


Рисунок 1 - Просторові закономірності розподілу Mn, Cu, Zn (нерозчинна та розчинна форми) аеротехногенних викидів ЗТЕС та ВАТ «Балцем» Харківської області

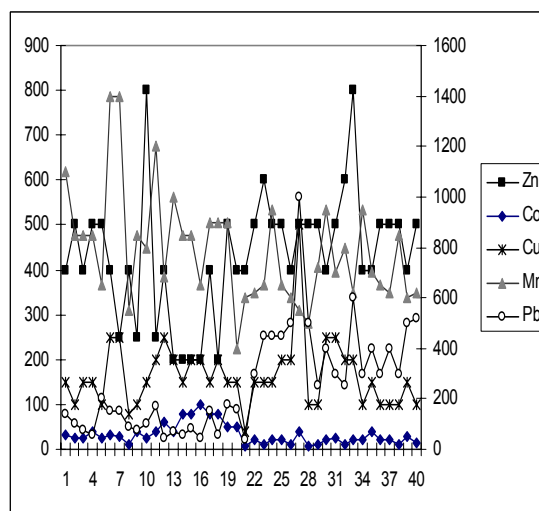
Таблиця 2 – Перелік показників щодо оцінки забруднення снігового покриву ВМ зон сталих та перманентних аеротехногенних емісій

Table 2 – A list of indexes in relation to the estimation of HM contamination of snow cover of constant and permanent aerotechnogenic emissions areas

Показник	Зміст, формули розрахунку, одиниці виміру показника
<i>Показники хімічного складу снігової води</i>	
Вміст асоціацій ВМ (розчинна та нерозчинна форми)	
<i>Відносні показники хімічного складу снігової води</i>	
Показник концентрації хімічних елементів K_c у пилу адсорбованого сніговим покривом	показник кратності перевищення вмісту хімічних елементів в точці випробування (C_i) над його середнім вмістом на фоновій ділянці (C_f) $K_c = C_i / C_f$ мг/кг пилу або мг/м ² , з градацією рівнів показника вмісту певного металу та визначення розчинних і нерозчинних форм. Розчинні форми – у мг/л снігової води, нерозчинні – у мг/кг твердих викидів.
Показник маси хімічних елементів з випадіннями пилу на сніговий покрив	мг/км ² *добу, з градацією рівнів показника: 100-250- низький; 250-450– середній; 450-850– високий; > 850 – дуже високий.
Сумарний показник забруднення снігу або ґрунту	сума перевищень K_c ВМ, що накопичуються в аномаліях $Z_c = \sum n_i K_c - (n - 1)$, n - кількість аномальних елементів; $\sum n_i K_c$ – сумація коефіцієнтів концентрації. Градація рівнів показника: для снігу: 32-64 – низький; 64-128 – середній; 128-256 – високий; > 256 – дуже високий; для ґрунтів: 8-16 –низький; 16-32 – середній; 32-128 – високий; > 128 – дуже високий.
Сумарне металеве навантаження на сніговий покрив	показник випадіння металів Градація рівнів показника: 1000 –низький; 1000–5000 - середній; 5000-10000 – високий; > 10000 – дуже високий.



Розчинні сполуки ВМ, мг/л снігової води



Нерозчинні сполуки ВМ, мг/кг твердих викидів

Рисунок 2 - Вміст різних форм ВМ (розчинні та нерозчинні) у викидах сталих джерел техногенного забруднення

Таблиця 3 - Вміст ВМ у сніговій воді у техногенних зонах ЗТЕС та ВАТ «Балцем» (2006р, мкг/л)

Table 3 - Content of HM in snow water of the technogenic areas ZTES and VAT «Baltsem» (2006, mkg/l)

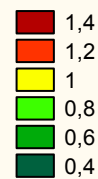
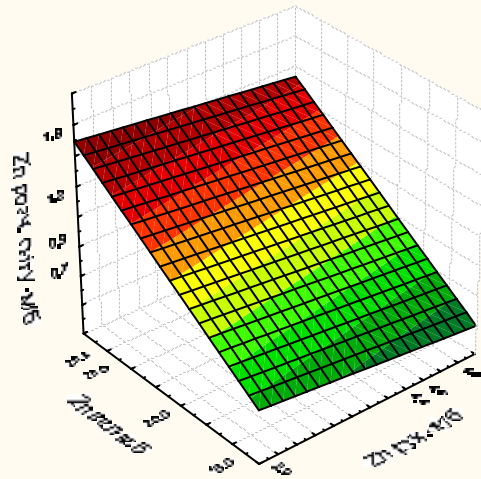
Місце відбору	Відстань	pH	Zn	Cd	Ni	Pb	Co	Fe	Mn	Cu	Cr	Всього
ЗТЕС												
3-168	7,5	6,15	2449	108	120	339	84	13830	1675	988	105	17249
3-16	11	6,2	4488	119	46	147	18	7667	666	360	15	9038
3-63	14,5	6,3	3438	126	64	207	22	6925	859	266	17	8486
3-166	12,5	4,8	1496	121	71	339	22	8760	1589	233	66	11201
контроль	20	5,55	1736	130	52	151	87	7365	707	401	156	9049
ВАТ Балцем												
ВВ-61	1	7,75-7,6	4259	128	236	4187	30	118940	6434	1478	133	135830
ВВ-65	2,2	7,35	3756	121	127	496	65	25811	1460	905	112	32850
Б-35	8,2	6,2	2052	137	119	330	25	6515	1216	404	63	10860
Літературні дані												
1. Максимальні значення			2000	17,7	23	190	42			82	20	
2. Фон Європи			6,0-10,0	0,1-1,2	2,0-5,1	1,3-35	3,2-5,5			2,6-5,1	2,6-5,5	
3. Арктика, Антарктида			0,54	0,09-0,26	0,09	0,03-0,04	0,005			0,008	0,005	

Таблиця 4 - Вміст ВМ у сніговій воді у техногенних зонах ЗТЕС та ВАТ «Балцем», 2006р.

Table 4 - Content of HM in snow water in the technogenic areas ZTES and VAT «Baltsem», 2006.

Місце відбору	Відстань, км	Об'єм снігу, м ³ /га	кг/га* рік			Всього	г/га* рік						Всього	Всього, кг/га
			Zn	Fe	Mn		Cd	Ni	Pb	Co	Cu	Cr		
ЗТЕС														
3-168	7,5	487,5	3,6	20,2	2,5	26,3	158,1	175,7	496,3	123,0	1446,4	153,7	2553,2	28,8
3-16	11	487,5	6,6	11,2	1,0	18,8	174,2	67,3	215,2	26,4	527,0	22,0	1032,1	19,8
3-63	14,5	431,3	4,4	9,0	1,1	14,5	162,9	82,8	267,7	28,4	343,9	22,0	907,7	15,4
3-166	12,5	336,3	1,5	8,8	1,6	11,9	122,0	71,6	341,7	22,2	234,9	66,5	858,8	12,8
контроль	20	350,0	1,8	7,7	0,7	10,3	136,5	54,6	158,6	91,4	421,1	163,8	1025,9	11,3
ВАТ «Балцем»														
ВВ-61	1	331,8	4,2	118,4	6,4	129,0	127,4	234,9	4167,7	29,9	1471,2	132,4	6163,5	135
ВВ-65	2,2	474,0	5,3	36,7	2,1	44,1	172,1	180,6	705,3	92,4	1286,9	159,3	2596,6	46,7
Б-35	8,2	380,0	2,3	7,4	1,4	11,2	156,2	135,7	376,2	28,5	460,6	71,8	1228,9	12,4
Середня величина випадіння ВМ на ЄТС (г/га* рік)														
ЄС			350					140		6,3	135	69		

$$\text{Zn розч. снігу -м/б} = -0,1821-0,0683*x+0,0666*y$$



$$\text{Zn розчин. снігу -в/б} = 2,1911-0,0161*x-0,0234*y$$

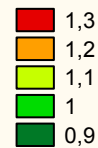
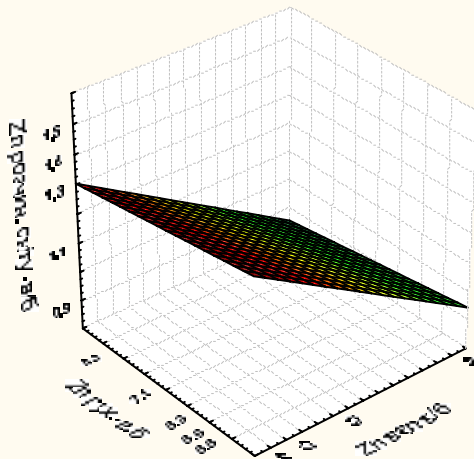


Рисунок 3 –

Залежності між вмістом розчинних форм Zn у сніговій воді, рухомих та валових його форм у ґрунтах різної буферної здатності районів сталих аеротехногенних емісій.

відбору проб відносно джерела забруднення. Так на узліссі урочища «Борисоглібовський бір» (на відстані 1 км від заводу) завдяки високому вмісту Mn і Pb встановлено наступний порядок накопичення ВМ: $Fe > Mn > Zn > Pb > Cu > Ni > Cr > Cd > Co$. На інших точках моніторингу встановлено, що порядок накопичення ВМ дещо різниться: $Fe > Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cd > Cr > Co$.

Максимальний рівень забруднення ВМ встановлено на найближчій до ВАТ «Балцем» точці моніторингу, проте з віддаленням від джерела аеротехногенних емісій вміст ВМ помітно знижується. Так, вміст Pb на відстані 8 км у 12,7, Fe - у 18,3 рази більший, що пояснюється особливостями джерела техногенних емісій, особливостями викидів - відносно невелика висота труб джерела аеротехногенних викидів за

абсолютного домінування важкого крупнодисперсного пилу у викидах.

Отже, оцінка забруднення снігового покриву враховує розподіл як окремих металів забруднювачів, так і їх асоціацій, обумовлених поліелементним характером хімічного складу техногенних потоків за формування ореолів забруднення. Інтенсивність накопичення ВМ (Zn, Cu, Pb та ін.) в депонуючих середовищах слід порівнювати з їх розрахунковими допустимими рівнями вмісту на підставі встановлених кореляцій з викидами ЗТЕС і ВАТ «Балцем» та вмістом рухомих форм ВМ у ґрунті, розчинних форм у сніговому покриві у порівнянні з валовим їх вмістом у ґрунті.

Встановлено достовірні кореляції між концентрацією розчинних форм Zn у пилових випадіннях з атмосфери, що депоновано сніговим покривом (у) на високобуферних та малобуферних ґрунтах районів впливу ЗТЕС та ВАТ «Балцем», між валовим вмістом Zn та вмістом його рухомих форм у ґрунтах різної буферної здатності. Визначено, що ГДК Zn в повітрі відповідає концентрація його в сніговому покриві – 3,19 мг/л, і 6,95 мг/кг рухомих форм металу у високобуферних ґрунтах, 4,4 мг/кг – для малобуферних ґрунтів зони 0-10 км від джерел аеротехногенних емісій ($R=0.87$ та 0.76 відповідно). Отже, існуючі просторові закономірності розподілу забруднювачів свідчать про те, що ВМ атмосфери є значним фактором впливу на ґрунтові процеси (рис. 1-3), а виявлені співвідношення дозволяють для окремих елементів визначити рівні їх вмісту в депонуючих середовищах (сніг, ґрунт), що сприяє збільшенню ступеню вірогідності виявлення перевищення ГДК металів в атмосферному повітрі.

Існування кореляційних зв'язків в системі "атмосферний аерозоль-випадіння" свідчать про те, що за вивчення структури забруднення депонуючих середовищ ефективним є вивчення розподілу асоціації металів, яка відображає весь комплекс хімічних елементів, що забруднюють атмосферне повітря.

В зоні техногенного впливу ЗТЕС відмічено значно вищий вміст ВМ у сніговому покриві техногенної зони. Проте на інших точках спостережень чіткої залежності вмісту ВМ від розміщення по відношенню до ЗТЕС не виявлено. Відсутність чіткої локалізації забруднення закономірна, тому, що відходи згоряння кам'яного вугілля - легкий попіл (основна причина забруднення ВМ снігового та ґрунтового покривів), викидається через труби висотою до 250 м, тому забруднювачі поширюються на значну відстань і розсіюються на значній території.

Встановлений вміст металів в депонуючих середовищах слід віднести до оцінки забруднення

територій з діючим на момент обстеження джерелом емісій контамінантів. Після припинення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в ґрунті зберігаються підвищені кількості металів, тип його забруднення слід характеризувати як залишковий.

Вміст ВМ в сніговій воді надає відносне уявлення про рівень їх надходження в довкілля, оскільки їх концентрація (в перерахунку на мг/л) залежить не лише від кількості забруднювачів, але і від об'єму снігової води в якому вони розчиняються. Оскільки вміст забруднювачів у сніговій воді є досить варіабельним показником, тому більш чітко уявлення про масштаби забруднення дає сумарна величина ВМ в сніговому покриві в перерахунку на г/га рік. Результати розрахунків свідчать (табл.3-4), що сумарна величина ВМ в сніговому покриві техногенних зон ЗТЕС та ВАТ "Балцем" значно вища від існуючих літературних даних.

З іншого боку, не зважаючи на те, що в техногенній зоні ВАТ "Балцем" і найбільший об'єм снігової води було зафіксовано поза межею впливу джерела аеротехногенних викидів цементного виробництва, максимальну величину накопичення ВМ встановлено саме в зоні безпосереднього впливу ВАТ "Балцем" за виявленої залежності збільшення сумарної величини надходження ВМ від відстані до джерела викидів. Сумарна величина концентрації Pb у сніговому покриві в насадженні на узліссі розташованому на відстані 1 км більш майже в 11,5 разів, а Cu - в 3 рази більша ніж на відстані у 8 км від ВАТ «Балцем». Щодо інших металів встановлена різниця дещо менша.

Отже, вміст ВМ у сніговому покриві як правило залежить від рози пануючих вітрів, фракції твердих викидів від центрів аеротехногенних викидів. Сніг має високу сорбційну здатність, сприяє осадженню із атмосфери на ґрунтову поверхню значної кількості складових аеротехногенних викидів підприємств теплоенергетики та цементного виробництва.

Висновки

За результатами комплексних досліджень встановлено вплив аеротехногенного забруднення ВМ різної інтенсивності і характеру на систему «повітря – сніг - ґрунт».

Запропоновано алгоритм моніторингу забруднення та оцінки депонуючих середовищ (снігу, ґрунту), який доповнює існуючі підходи до оцінки їх стану, рекомендується як спосіб виявлення просторової структури забруднення атмосферного повітря і осередків надлишку вмісту ВМ, що потребують подальшої детальної оцінки.

Сніговий та ґрунтовий покриви відображають різні тимчасові характеристики забруднення атмосферного повітря. У сніговому покриві відображається існуюче забруднення атмосферного повітря, вміст металів в поверхневому шарі ґрунтів є результатом сталої дії забрудненого атмосферного повітря за впливу різних рівнів його забруднення. Останні пов'язані із технологічними процесами певних видів виробництв, впливом метеорологічних чинників та іншими факторами.

Сніговий покрив є ефективним накопичувачем як грубих фракцій випадіння так і аерозолів, концентрація забруднюючих речовин у сніговому покриві дещо вища ніж у атмосферному повітрі,

що пояснюється процесами сухого та вологого вимивання забруднювачів.

На підставі аналізу даних розроблено перелік індикаторних показників змін хімізму ВМ снігового покриву за техногенного забруднення атмосфери, що сприяє ефективній оцінці техногенного потоку контамінантів, прогнозуванню можливих змін хімізму різних компонентів екосистем ґрунтів Зміївського та Балаклієвського районів Харківської області.

За проведення оцінки забруднення ВМ снігового покриву встановлено, що сума елементів в залежності від відстані до джерела аеротехногенних викидів коливається у межах 29-145 мг/л атмосферних опадів або 150-725 кг/га.

- Товстоухов А.В., Хілько М.І. Екобезпечний розвиток: пошуки стратегем. - К.: Знання України, 2001. - 332с.
- Екологічна безпека - необхідна вимога функціонування АПК України //Вісник аграрної науки Причорномор'я. - Миколаїв, 2001. - Т.1, спец. Вип. 3(12). - С.165-167
- Яцик А.В. Екологічна безпека в Україні. -К.: Генеза, 2001. -215с.
- Екологічна безпека та державний контроль у галузі охорони довкілля /Величко О.М., Зеркалов Д.В. //Екологічне управління - К.: Наук. світ, 2001. -гл.5. - С.72-80
- Екологічна безпека техногенно переважаних регіонів та раціональне використання надр: Мат. наук. практ. конф. (17-21 вересня 2001р. АР Крим). - К.: Знання, 2001. -199с.
- Качинський А.Б. Екологічна безпека України. - К., 2001. - 312с.
- Хвостов І.В. Элементный состав аэрозоля накапливаемого в снеговом покрове Алтайского края. Автореф. дис... канд. техн. наук: 25.00.36. - Барнаул, 2007. - 18с.
- Чедранов И.П. Исследование динамики аэрозольных загрязнений снегового покрова промышленного города (на примере г. Барнаула). Автореф. дис... канд. техн. наук: 25.00.36; 01.04.01. - Барнаул, 2007. - 19с.
- Юшкин Е.И., Чичева Т.Б., Лавренева Е.В. Фоновое содержание свинца, ртути, мышьяка и кадмия в природных средах (по мировым данным) Сообщение 2 //В кн.: Мониторинг фонового загрязнения природных сред. - Вып.2. Л.: Гидрометеоздат 1984. - С.17-35.
- Бурцева Л.В, Лапенко Л.А., Кононов Э.Я., Юшкин Е.И. и др. Фоновое содержание свинца, ртути, мышьяка и кадмия в природных средах (по мировым данным) Сообщение 6//Мониторинг фонового загрязнения природных сред.- Вып.7. Л.: Гидрометеоздат 1991. - С.23-56
- Петрухин В.А., Андрианова Г.А., Бурцева Л.В., Виженский В.А. и др. Фоновое содержание свинца, ртути, мышьяка и кадмия в природных средах (по мировым данным) Сообщение 3// В кн.: Мониторинг фонового загрязнения природных сред. - Вып.3. Л.: Гидрометеоздат, 1986. - С. 3-27
- Остромигильский А.Х., Петрухин В.А. Тяжелые металлы в атмосфере: источники поступления и методы оценки их влияния //В кн.: Мониторинг фонового загрязнения природных сред. - Вып.2. Л.: Гидрометеоздат, 1984. - С.56-70
- Ровинский Ф.Я., Петрухин В.А., Вижевский В.А., Чичева Т.Б. и др. Фоновое содержание микроэлементов в природных средах (по мировым данным) Сообщение 4// В кн.: Мониторинг фонового загрязнения природных сред. - Вып.4. Л.: Гидрометеоздат, 1987. - С. 3-50
- Петрухин В.А., Бурцева Л.В., Лапенко Л.А., Чичева Т.Б. и др. Фоновое содержание микроэлементов в природных средах (по мировым данным). Сообщение 5 //В кн.: Мониторинг фонового загрязнения природных сред. - Вып.5. Л.: Гидрометеоздат, 1989. - С. 4-30
- Национальна доповідь про стан техногенної безпеки в Україні у 2007 році /Доповідь ГУ МНС у Харківській області за 2007р. - К., - 229с.
- Екологічний атлас Харківської області. - Х.: МОНОАП-Майдан, 2005. - 80с.
- Глазовский Н.Ф., Злобина А.И., Учватов В.П. Региональный экологический мониторинг. - М.: Наука, 1983. - С.67-86
- Израэль Ю.А., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг трансграничного переноса загрязняющих веществ - Л.: Гидрометеоздат, 1987. - 303с.
- Назаров И.М., Фридман Ш.Д., Ренне О.С. Использование сетевых снегосъемок для изучения загрязнения почвенного покрова //Метеорология и гидрография. - 1978. - №7. - С.74-78
- Руководство по контролю загрязнения атмосферы. - Л.: Гидрометеоздат, 1979. - 329с.
- Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении: Учебник. - М.: Изд-во МГУ, 1995. - 320с.
- Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Дядькина С.Е. Практикум на компьютере по курсу: «Математическая статистика» : М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2005. - 36с
- Лурье И.К. Основы геоинформатики и создания ГИС / Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Часть 1. Под ред. А.М. Берлянта. М.: Изд-во ООО «ИНЭКС-92», 2002. - 140с.
- Екологічна географія і екологічна картографія /Барановський В.А. - К., 2001. - 249с.
- География, общество, окружающая среда. Том VII: Картография, геоинформатика и аэрокосмическое зондирование /Под ред. А.М. Берлянт. - М.: ИД «Городец», 2004. - 624с.
- Картографування ґрунтів: Навч. посібник /За ред. Д.Г. Тихоненко. -Харків, 2001. - 321с.
- Позняк С.П., Красеха Є.Н., Кіт М.Г. Картографування ґрунтового покриву: Навчальний посібник. - Львів: ЛНУ імені І.Франка, 2003. -500с.
- Важенин И.Г. Методические рекомендации по обследованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными выбросами. - М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1987. - 24с.

Отримано: 1 березня 2009 р.

Прийнято до друку: 25 квітня 2009 р.