

ТОКСИЧНІСТЬ СНІГОВИХ "ВІДХОДІВ" АВТОТРАНСПОРТУ м. КИЄВА

В.Р. Клос¹, Е.Я. Жовинський²

1. Український науково-виробничий центр геохімічних досліджень
02088, пров. Геофізиків, 10, Київ, Україна

2. Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, просп. Палладіна, 34, Київ-142, Україна

На прикладі м. Києва визначено токсичність снігових "відходів" автотранспорту та встановлено межі інтенсивного забруднення ґрунтів територій за результатами геохімічних досліджень піщано-пилової фракції прибордюрних відкладів снігу автодоріг.

Вступ. За літературними даними, частка шкідливих викидів від автотранспорту в атмосфері міст України в середньому складає 70 %. Сьогоднішнє зростання кількості автотранспорту в м. Києві, особливо в центральній його частині, серйозно погіршує якість атмосферного повітря міста і, відповідно, умови проживання населення.

Як відомо, викиди від одного автомобіля за один рік складають близько 100 кг [1]. Пріоритетними (за концентрацією та небезпечністю) забруднювачами навколишнього середовища від автотранспорту вважають чадний газ, поліциклічні ароматичні вуглеводні та свинець. Під час періодичного танення снігу, тобто за кожного переходу температури через 0 °С відбувається фотоокиснення (біохімічне окиснення не відбувається через відсутність мікроорганізмів) органо-мінеральних сполук забруднення із утворенням різних фенолів і запуском механізмів автоокиснення й автокаталізу [2, 3]. Як відомо, всі ці процеси відбуваються з вивільненням високореакційноздатних алкіл- і алкосилрадикалів, що внаслідок взаємодії зі свинцем, кадмієм, ртуттю, хромом, міддю та іншими подібними металами можуть утворювати метастабільні, але супертоксичні алкіл і алкосилпохідні сполуки [6–10]. Метали протягом зимового періоду дифундують у нижній приґрунтовий шар снігу, а повільний режим танення призводить до збагачення розчинними компонентами водної маси (порівняно з режимом швидкого танення) [4].

У цій роботі зроблена спроба кількісної оцінки техногенного впливу автотранспорту на визначення токсичності снігових "відходів" (надлишок снігу з доріг, що вивозиться за межі міста) з автомобільних узбіч та встановлення меж інтенсивного забруднення територій, прилеглих до

автомагістралей. Наведено лише результати геохімічних досліджень піщано-пилової фракції прибордюрних відкладів снігу автодоріг, яка спричиняє інтенсивне забруднення ґрунтів. Окремо досліджено вплив талих вод прибордюрних снігових відкладів та їх вплив на забруднення водойм і озер м. Києва. Цій проблемі буде присвячена спеціальна стаття.

Методика та обсяги робіт. Дослідження снігового покриву здійснено шляхом випробування (снігова зйомка) в площинному та профільному варіантах.

Снігову зйомку масштабу 1 : 50000 виконано в центральних районах м. Києва з найбільш щільною мережею автодоріг (Печерський і Подільський райони). Проби снігового покриву відібрано за ізометричною мережею з кроком випробування 300–500 м в залежності від ситуаційного плану забудови (37 проб). Вибираючи місця відбору снігових проб перевагу надавали паркам, скверам, міжбудинковим дворам тощо. Головним критерієм для вибору ділянки випробування була цілісність снігового покриву.

Місце закладення профілів снігового випробування для встановлення меж впливу автомагістралей на прилеглі території вибирали на максимально можливій відстані від промислових зон і підприємств м. Києва. Крок опробування снігового покриву по профілях, перпендикулярних до автомагістралей, становив 2–5, 10, 50, 100, 200 і 300 м (3 профілі, 19 проб). Проби снігу відбирали на цілих рівних ділянках із фіксованої площі (1 м²) і на всю його глибину, але без підстиляючого ґрунту.

Для визначення токсичності снігових "відходів" (надлишків снігу) з автодоріг відбирали проби снігу з узбіч автомобільних доріг і перехресть, або з куп снігу, підготовлених для вивезен-

ня. Проби відбирались за методом "пунктирної борозни" у п'яти точках.

Після відбору проби снігу зважували, вага однієї проби складала не менше 3 кг. Обсяг випробування визначався кількістю проб, достатньою для формування статистично забезпечених вибірок (25–30 проб).

Для подальших екологічних розрахунків були відібрані проби снігу на фонових ділянках (віддалених більш ніж на 15–20 км від можливих джерел викидів) в Бориспільському районі (2 проби).

Всього було відібрано 88 проб снігу (таблиця).

Відібрані проби снігу проходили попередню лабораторну підготовку, яка полягала в розтопленні снігу, відборі талої води та виділенні твердої фракції (пилу) методом відстоювання та фільтрування.

Місця відбору проб снігу

Номер проби	Місце відбору проби
1	перехрестя проспектів Перемоги і Повітрофлотського
2	площа Перемоги
3	площа Льва Толстого
4	перехрестя вул. Саксаганського і Великої Васильківської
5	перехрестя вул. Федорова і Великої Васильківської
6	перехрестя вул. І.Кудрі і Великої Васильківської
7	ст. метро "Дружби Народів"
8	пл. ГВВВ
9	міст Метро
10	ст. метро "Майдан Незалежності"
11	Львівська площа
12	перехрестя вул. Артема і Косіора
13	ст. метро "Лівобережжя"
14	ст. метро "Дарниця"
15	Харківська площа
16	ст. метро "Харківська"
17	ст. метро "Осокорки"
18	перехрестя вул. Російської і Харківського шосе
19	Ленінградська площа
20	перехрестя вул. Давидова і просп. Воз'єднання
80	Севастопольська площа
81	пр. Перемоги, 76
82	вул. Смирнова-Ласточкина, 18
83	пр. Ватутіна, 22
84	пр. Ю. Гагаріна, 16
85	Харківська площа, АЗС
86	ст. метро "Позняки", магазин "Billa"
87	р-н Маргаринового заводу
88	Чоколівський бульвар, 6
89	ст. метро Шулявська

Висушену пилову фракцію зважували на аналітичних терезах. Всі проби твердої фракції (88 проб) були проаналізовані за допомогою напівкількісного спектрального методу аналізу на 32 елементи і атомно-абсорбційного на Cd і Hg.

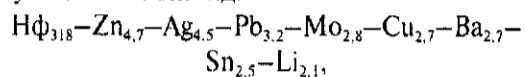
Основний вплив автотранспорту в зимовий період на ґрунти м. Києва визначено за забрудненням пилової фракції снігових опадів.

Розрахунок токсичності снігових відходів з автомобільних доріг проведено за методикою ДСан ПiН 2.2.7.029-99 [5].

Геохімічні дослідження. Піщано-пилова фракція проб прибордюрних відкладів снігу складає в середньому 0,76 % від ваги усієї проби снігу, тобто середній вміст пилу в кілограмовій пробі снігу складає 7,6 грама, що перевищує вміст пилу в снігових пробах із фонових ділянок (0,0032 гр) більше, ніж у 237 разів. Основним компонентом забруднення піщано-пилової фракції проб прибордюрних відкладів снігу є нафтопродукти (4 клас небезпеки), вміст яких у виборці (30 проб) змінюється від 75,4 до 272,2 мг/кг за середнього значення 158,9 мг/кг, що перевищує їх фоновий вміст (12,3 мг/кг) у 13 разів. Окрім нафтопродуктів у піщано-пиловій фракції прибордюрних відкладів снігу встановлено аномальні концентрації цинку, галію та молібдену, середній вміст яких перевищує їх вміст у пиловій фракції снігових проб із фонових ділянок відповідно в 2,8; 2,0 і 1,9 рази. Відносна збідненість піщано-пилової фракції проб прибордюрних відкладів снігу важкими металами пояснюється збільшеною кількістю піщанистого матеріалу, на який припадає близько 90 % об'єму проби. Піщано-пилова фракція проб снігу із фонових ділянок хоч і незначна за своїм обсягом, але вона на 80 % складається із золо-пилової складової, що обумовлює підвищений вміст хімічних елементів порівняно з їхнім фоновим вмістом в ґрунті та піщаній фракції прибордюрних проб.

Незважаючи на відносно збіднений аномальний склад хімічних елементів (кларк концентрації $(K_k) \geq 2$) у піщано-пиловій фракції проб прибордюрних снігових відкладів, абсолютний вміст елементів 1 і 2 класу небезпеки – цинк, свинець і мідь – перевищує ГДК для ґрунтів сільськогосподарського використання. Так, вміст цинку в піщано-пиловій фракції змінюється від 120 до 2000 мг/кг за середнього вмісту 280 і ГДК 110 мг/кг. Аналогічно середній вміст свинцю та міді складає 48 і 41 мг/кг відповідно за ГДК 32 мг/кг. Тобто піщано-пилова фракція прибордюрних відкладів снігу забруднює ґрунти та донні відклади

водойм м. Києва хімічними елементами. Це забруднення можна охарактеризувати через коефіцієнт привнесеної концентрації хімічного елементу. Заголом, еколого-геохімічна формула привнесеного забруднення ґрунтів і донних відкладів піщано-пиловою фракцією прибордюрних відкладів снігу має такий вигляд:



де індекс біля символу компоненту забруднення його середній коефіцієнт привнесеної концентрації відносно фонового вмісту в донних відкладах і ґрунтах Київщини, а Нф – не розчинні у воді нафтопродукти.

Із формули видно, що найбільше забруднення від піщано-пилової фракції прибордюрних відкладів снігу привноситься в ґрунти і донні відклади нафтопродуктами, середній вміст яких перевищує їх фоновий вміст в ґрунтах у 318 разів. За фоновий вміст нафтопродуктів у ґрунтах в районі м. Києва взято 0,5 мг/кг, що, тобто середнє значення фонового вмісту нафтопродуктів у підзолистих ґрунтах Полісся (0,005–0,1 мг/кг) і чорноземах Полтавщини – 1 мг/кг (дані лабораторії ґрунтів Головної екологічної інспекції Мінприроди України).

Забруднення ґрунтів і донних відкладів важкими металами в основному спричиняють цинк, срібло і свинець, вміст яких відповідно у 4,7; 4,5 і 3,2 рази перевищує їх фоновий вміст у ґрунтах і донних відкладах Київщини.

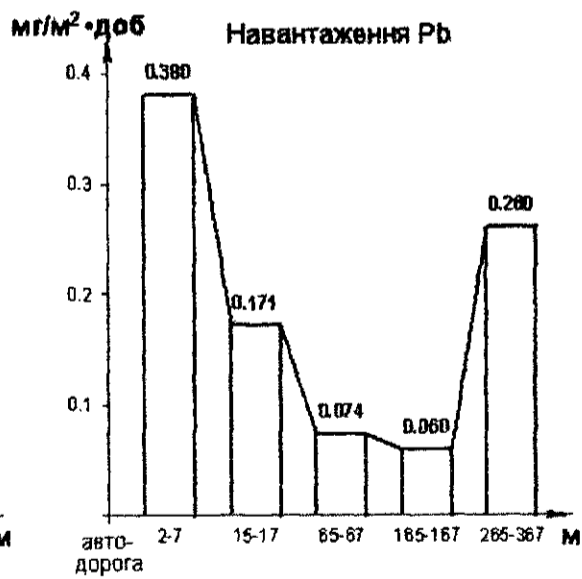
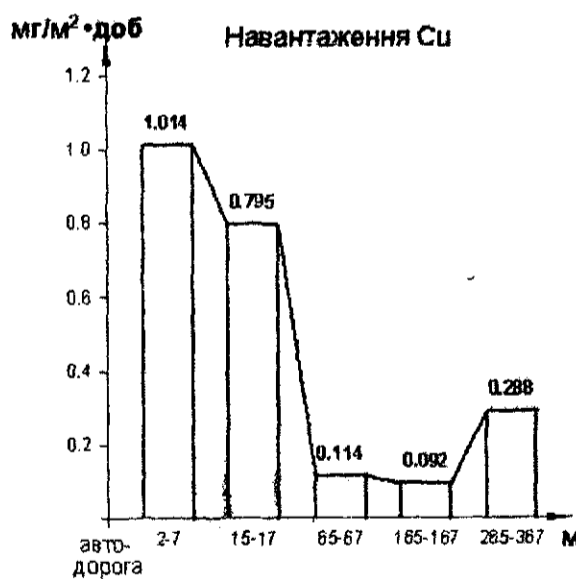
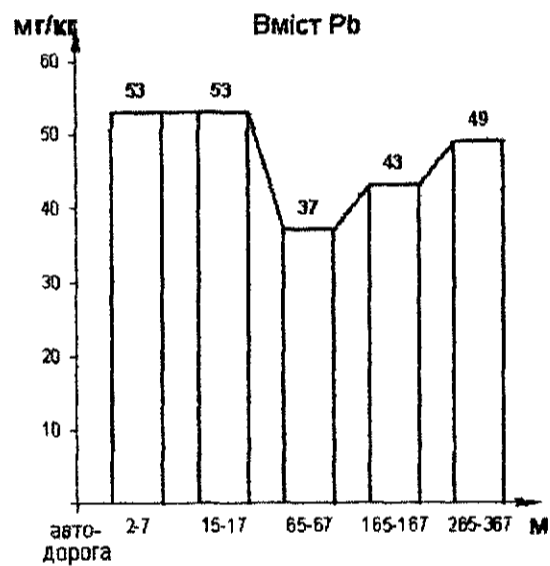
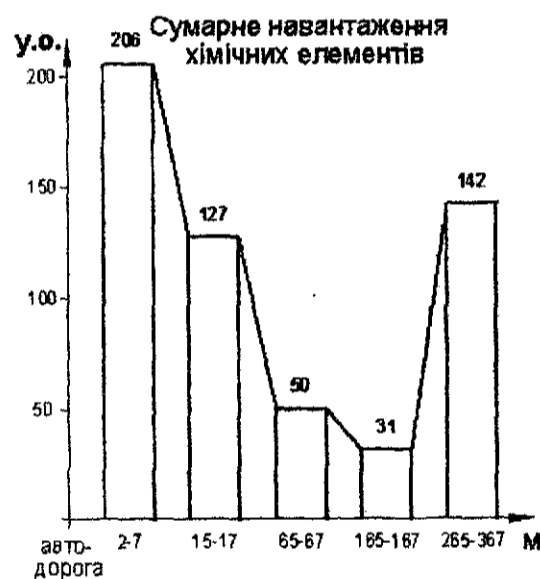
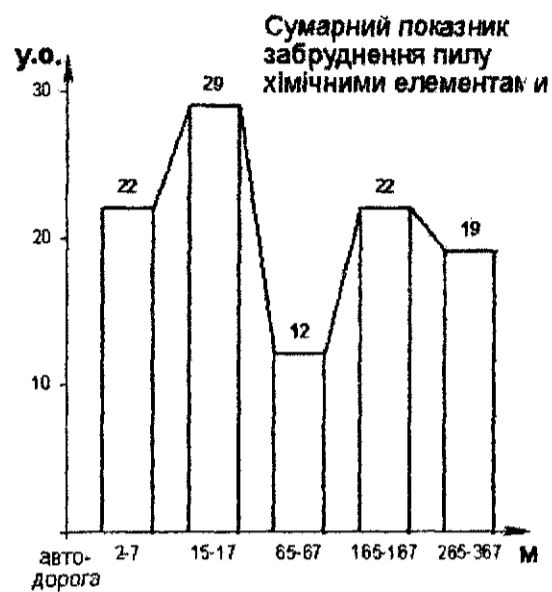
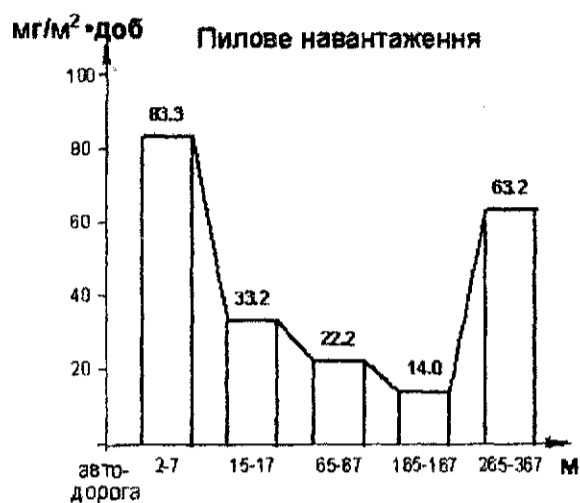
Деяке занепокоєння викликає факт вивезення надлишків прибордюрних відкладів снігу за межі міста не завжди в спеціально підготовлені для цього місця. За методикою [5], розробленою Головним санітарно-епідеміологічним управлінням України (ДСанПіН 2.2.7.029 п.5.1.2), клас небезпеки відходів можна розрахувати тільки для твердої фракції прибордюрних проб снігу і тільки двох-трьох основних компонентах забруднення.

Для розрахунку класу небезпеки твердої фракції прибордюрних відкладів снігу були взяті такі важкі метали як цинк і свинець (1 клас токсичності для ґрунтів), середній вміст яких у піщано-пилової фракції перевищує ГДК для ґрунтів сільськогосподарського призначення (ГДК цинку – 110; ГДК свинцю – 32 мг/кг). Середній вміст цинку в піщано-пилової фракції становить 280 мг/кг, а свинцю – 48 мг/кг. Тоді, за методикою [5], індекс токсичності цинку буде становити 0,4 одиниці, а свинцю – 0,7. Вирахуваний сумарний індекс токсичності буде становити 0,28 одиниць, що, за таблицею класифікації небезпеки відходів

за ГДК хімічних речовин у ґрунті, належить до першого класу небезпеки (надзвичайно небезпечні). Слід відмітити, що під час розрахунку класу небезпеки твердої фракції прибордюрних снігових відкладів ми не брали до уваги нафтопродукти, хоч їх концентрація в 318 разів перевищує фон для ґрунтів Київщини, і срібло (Кк–4,5), яке є третім за значенням вмісту компонентом (після нафтопродуктів і цинку). Таке відхилення від методики пов'язане з відсутністю визначеної ГДК для сільськогосподарських ґрунтів по нафтопродуктах і сріблу. Розрахунок класу токсичності цих відходів розраховували за валовим вмістом цинку та свинцю, без уточнення їх хімічної форми знаходження, що також могло вплинути на оцінку класу небезпеки. Відсутність методики розрахунку класу небезпеки для рідких відходів не дає можливості повно й достовірно оцінити клас небезпеки прибордюрних снігових відкладів, які вивозять за межі міста, або скидають у міську каналізацію. Це пов'язано з тим, що частка забрудненої талої води в цих "відходах" більше ніж у 100 разів перевищує масу твердої фракції, приналежної до першого класу небезпеки. Сама тала вода забруднена такими токсичними хімічними елементами, як талій, вміст якого у 18 разів перевищує ГДК для питних вод, кадмій – 4 ГДК, барій – 3 ГДК, марганець – 1,5 ГДК, ртуть, та літій – 1 ГДК.

Еколого-геохімічний аналіз результатів аналітичних досліджень проб снігу, відібраних по профілях, перпендикулярних до автомагістралей, дозволив визначити глибину зони відчутного впливу автотранспорту на прилеглі до автомагістралей території. Для більшої достовірності висновків результати аналітичних досліджень проб снігу по трьох профілях усереднювали в межах зон їх опробування, тобто розраховували єдиний усереднений профіль. Еколого-геохімічному аналізу піддавали результати обстеження талої води снігових проб і результати обстеження їх піщано-пилової фракції.

За сумарним показником забруднення (СПЗ) і еколого-геохімічною характеристикою пилова фракція снігових проб уздовж автомагістралі залежно від відстані, характеризується так:
у зоні 2–7 м – СПЗ = 22 од.: $\text{Ag}_9 - \text{Ba}_5 - \text{Cu}_4 - \text{Li}_3$;
у зоні 15–17 м – СПЗ = 29 од.: $\text{Ag}_{12} - \text{Cu}_8 - \text{Ba}_5 - \text{Li}_4$;
у зоні 65–67 м – СПЗ = 12 од.: $\text{Ag}_7 - \text{Li}_3 - \text{Ba}_3$;
у зоні 165–167 м – СПЗ = 22 од.: $\text{Ag}_9 - \text{Li}_4 - \text{Ba}_4 - \text{Cu}_3 - \text{V}_3$;
у зоні 265–367 м – СПЗ = 19 од.: $\text{Ag}_9 - \text{Ba}_4 - \text{V}_3$;
де індекс біля символу хімічного елементу – його



Розподіл хімічних елементів у пиловій фракції снігових проб, відібраних по перпендикулярних до автомагістралей профілях

коefficient концентрації відносно вмісту в пиловій фракції снігу з фонових ділянок.

Із наведених еколого-геохімічних даних видно, що СПЗ пилової фракції снігу, незалежно від відстані до автомагістралі, розподіляється дуже без закономірності, а аномальний асоціативний набір хімічних елементів є не типовим для викидів автотранспорту. Навіть вміст свинцю у пиловій фракції суттєво не залежить від відстані до автомагістралі. Так, на відстані 2–7 м і 15–17 м середній вміст свинцю складає 53 мг/кг, на відстані 25–75 м він зменшується до 37 мг/кг, а далі поступово зростає до 49 мг/кг (рисунок).

Унаочнює вплив автомагістралі на прилеглі території результат дослідження пилового навантаження, тобто визначення щільності пилових випадів та сумарного навантаження хімічних елементів, зокрема типових для автотранспорту. Так, щільність пилових випадів у зоні 2–7 м від автомагістралі до 165–167 м поступово зменшується від 13 до 14,0 мг/м² на добу, а на відстані 265–367 м зростає, що пояснюється впливом інших автодоріг та джерел викидів пилу, так як у м. Києві важко знайти автомагістраль, хоча б на 300 м віддалену від житлової чи промислової забудови та інших доріг. Ця особливість впливає й на розподіл хімічних компонентів забруднення.

Навантаження хімічного елементу в умовах одиницях (од.) – це добуток його концентрації у пиловій фракції снігової проби на пилове навантаження, тобто маса хімічних елементів, яка випадає на квадратний метр площі за добу. Сумарне навантаження забруднення (СНЗ) хімічних елементів від автомагістралі розподіляється наступним чином:

у зоні 2–7 м – СНЗ = 206 од.: Ag₄-Cu₂₈-Ba₂₈-Li₁₅-Co₁₃-Zn₁₃-Sn₁₂-Mo₁₁;

у зоні 15–17 м – СНЗ = 127 од.: Ag₃₆-Cu₂₂-Ba₁₅-Li₁₀;

у зоні 65–67 м – СНЗ = 5 од.: Ag₁₉-Ba₇-Sn₇-Li₇;

у зоні 165–167 м – СНЗ = 31 од.: Ag₁-Li₅-V₅-Ba₄;

у зоні 265–367 м – СНЗ = 142 од.: Ag₅₁-Ba₁₄-Cr₁₃-Co₁₃-V₁₁-Zn₁₀-Li₉;

де індекс біля символу хімічного елементу забруднення – коефіцієнт навантаження відносно навантаження на фонових ділянках.

З наведених еколого-геохімічних формул СНЗ видно, що в зоні від 2–7 м до 165–167 м від автомагістралі СНЗ поступово зменшується від 206 до 31 одиниці, а на відстані 265–367 м знову зростає до 142 одиниць. При цьому асоціативний набір аномальних хімічних елементів навантаження не є типовим для викидів автотранспорту.

Розподіл навантаження свинцю і міді свідчить, що максимальний вплив автомагістралі на прилеглі території припадає на зону 2–7 метрів. Результати обстеження снігового покриву по профілях, перпендикулярних до автомагістралей, свідчать про те, що максимальна глибина відчутного впливу доріг проявляється в зоні 2–7 м, захоплюючи частково зону 15–17 м. Мінімальний вплив автомагістралі фіксується в зоні 165–167 м. Зростання екологічного тиску в зоні 265–367 м від автомагістралі пов'язане вже з впливом селітебної зони міста, про що свідчить асоціативний склад компонентів забруднення в пиловій фракції проб снігу, не властивим автотранспортним аномальним полем.

Висновки. Піщано-пилова фракція прибордюрних відкладів снігу привносить у ґрунти міста такі компоненти забруднення: Hf₃₁₈-Zn₄₇-Ag₄₅-Pb₃₂-Mo₂₈-Cu₂₇-Ba₂₇-Sn₂₅-Li₂₁. Слід відмітити, що масова частка піщано-пилової фракції в пробах прибордюрних відкладів снігу складає в середньому 0,76 %, а масова частка талої води – 99,24 %.

Надійшла 05.11.2011.

- Буренков Э.К., Гинзбург Л.Н., Занжева Т.Д. Экология крупных городов: проблемы и решения // Прикладная геохимия. – Вып. 2. – М.: ИМГРЭ, 2001. – С. 339–353.
- Волков С.Н. Гидрохимическая классификация атмотехногенного воздействия по редокс/рН-состоянию атмосферных осадков // Геохимия. – 1995. – № 5. – С. 621–629.
- Волков С.Н., Иванов В.В. Новая информация по экологической геохимии металлов и изменению их свойств в техногенезе // Прикладная геохимия. – Вып. 2. – М.: ИМГРЭ, 2001. – С. 433–458.
- Глазовский Н.Ф., Злобина А.И., Учватов В.П. Химический состав снежного покрова некоторых районов Верхне-окского бассейна // Региональный экологический мониторинг. – М.: Недра, 1989. – С. 67–86.
- Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення. – ДСаНПіН 2.2.7.029-99 (Видання офіційне).
- Дронин Н.М., Седова Н.Б. Современное техногенное засоление почв Москвы в результате применения противогололедных смесей. Экологические проблемы крупных административных единиц мегаполисов. – М., 1997.
- Морозова И.А., Самаев С.Б., Якубов Х.Г. Некоторые особенности засоления почв Москвы как техногенного процесса // Прикладная геохимия. – Вып. 2. – М.: ИМГРЭ, 2001. – С. 415–426.
- Саст Ю.С., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

Клос В.Р., Жовинський Е.Я.

9. Соколов Л.С., Самаев С.Б. и др. Тип функционального использования территории – главный критерий оценки ее экологического состояния. // Прикладная геохимия. – Вып. 2. – М.: ИМГРЭ, 2001. – С. 111–122.
10. Яшкичев С.В. Вода: движение молекул, структура, межфазовые процессы и отклик на внешнее воздействие. – М.: Агар, 1998. – 87 с.

Клос В.Р., Жовинський Э.Я. Токсичность снежных "отходов" автотранспорта г. Киева. На примере г. Киева определена токсичность снежных "отходов" автотранспорта и установлены пределы интенсивного загрязнения почв по результатам геохимических исследований песчано-пылевой фракции отложений снега прилегающих к автодорогам территорий.

Klos V.R., Zhovinsky E.Ya. Toxicity of snow "wastes" vehicles in Kyiv. As an example of Kyiv defined toxicity snow "wastes" of vehicles and set limits intensive areas of soil contamination on the results of geochemical studies of sand-dust fraction of snow near roads.