

ХІМІЧНИЙ СКЛАД СНІГОВОГО ПОКРИВУ ЯК ПОКАЗНИК АЕРОТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

Узагальнено результати досліджень забруднення снігового покриву в різних природних зонах України. Розглянуто найбільш поширені типи аеротехногенного забруднення довкілля та основні тенденції зміни його хімізму, які можуть служити маркерами даних типів забруднення.

Senior scientific employee V.P. Voron – URIFFM

Chemical storage of snow cover as index of aerotechnogenic contamination of forest ecosystems

The researches results of snow cover contamination in different natural zones of Ukraine of most widespread types of aerotechnogenic contamination of environment are generalized. Basic trends of changes in snow cower chemical composition, which can be used as markers of such contamination types, are considered.

Незважаючи на зниження майже удвічі величини промислових викидів в атмосферу, Україна залишається однією з екологічно несприятливих країн Європи [6, 10], а рівень забруднення представляє загрозу існуванню лісів.

Пізнання механізму аеротехногенної трансформації лісових екосистем неможливе без вивчення надходження, акумуляції та міграції фітотоксикантів у різних її складових. Турбулентне переміщення повітря зумовлює досить швидке розсіювання техногенних викидів в атмосфері [1, 10]. При цьому частина їх переноситься на велику відстань від джерел емісії, інша надходить на земну поверхню в результаті дії гравітації та турбулентної дифузії, а також вимивається опадами. Опади акумулюють забруднювачі як при утворенні хмар, коли викиди виступають як ядра конденсації, так і при проходженні підхмарного шару атмосфери. Сніговий покрив, крім цього, акумулює речовини, які надходять на земну поверхню в результаті седиментації та турбулентної дифузії [2, 6, 10, 12]. Так, за даними супутникових досліджень, пляма забруднення снігового покриву навколо Харкова, у 4 рази більша за площу самого міста що в 2-3 рази перевищує фон [5]. Вивчення хімічного складу снігу дає змогу не тільки спрогнозувати можливі зміни хімізму компонентів лісової екосистеми, але й оцінити потік забруднювачів і визначити гранично допустиме навантаження на ліси [3, 7].

Хімічний склад опадів залежить від багатьох природних чинників і має регіональні особливості [6, 10]. Завдяки дисоціації води та присутності в атмосфері CO_2 нормальними вважаються опади з $\text{pH} \approx 5,6$, кислими – менше, а лужними – більше цього значення. Кислотним є будь-який процес осідання речовин із атмосфери зі зростанням вмісту іонів H^+ , лужним – OH^- [6, 10, 12].

Перші великомасштабні дослідження складу опадів Європейської території СРСР проведені в 1958-1962 рр. на 14 метеорологічних станціях [4]. В Україні, на жаль, дослідження велися лише на одній станції, та й та була розташована всього в 5 км від Києва. Такі дослідження були результативно проведені в Україні лише в дев'яності роки [8, 9]. Вивчення вмісту іонів в опадах, яке

проводилося у 32 пунктах, та кислотності – більш ніж у 50, надало змогу визначити середні фонові значення для всіх природних зон України. Найвищий вміст іонів (за винятком NO_3^-) виявився у Степу, найнижчий – у Поліссі. Сума іонів у Поліссі майже в 2,5 раза менша, ніж у Степу. Особливо відчутна різниця у вмісті іонів HCO_3^- , Ca^{2+} , Cl^- і Na^+ , яких у Поліссі відповідно в 5,7; 5,0; 3,8 і 3,3 разів менше.

Ця стаття є узагальненням досліджень хімізму снігового покриву в лісових екосистемах у різних природних зонах України таких типів забруднення:

- виробництва й агломерації, у викидах яких домінують SO_2 , NO_3 , NH_3 (наприкладі Рівненського виробничого об'єднання "Азот", Черкаської та Лисичансько-Рубежансько-Сєверодонецької промислових агломерацій);
- теплові електростанції, які забруднюють повітря SO_2 , NO_3 та попелом із значним вмістом важких металів (наприкладі Зміївської ТЕС);
- цементні виробництва, які викидають в атмосферу сильнолужний пил (наприкладі Балаклійського та Миколаївського цементних комбінатів).

Вибір об'єктів досліджень визначався як характеристикою забруднення, так і негативними наслідками дії на ліси. Проби снігу відбиралися стандартним снігоміром у період максимального вологозапасу (2, 6). Хімічний аналіз снігу проводився відповідно до "Руководства по контролю..." [11].

Зміни хімізму снігового покриву в районах промислового забруднення атмосфери мають як загальні тенденції, так і особливості, які визначаються типом аеротехногенного забруднення. Загальною рисою є зміщення балансу кислотності в бік підвищення лужності. Проте ступінь і причини цього процесу є різними в районі конкретних виробництв. Забруднення снігу зростає зі збільшенням періоду лежання снігу, а також в міру наближення до джерела викидів. Правда, при великій висоті емісії ця просторова залежність не завжди яскраво виражена. Зростання обсягу викидів призводить не тільки до збільшення рівня, але й до розширення радіуса забруднення довкілля. Радіус забруднення збільшується також із зростанням висоти емісії. Ореол забруднення, як правило, витягнутий в напрямку переважаючих вітрів у даний зимовий період.

При високому рівні забруднення в районах виробництв і агломерацій із домінуванням у викидах SO_2 , NO_3 , NH_4^+ , незважаючи на значну перевагу в їх емісіях кислих викидів, спостерігалось підлугування атмосферних опадів (табл.). Причиною цього є викиди аміаку. Значне ($\text{pH} \geq 8$) підлугування відзначалося лише поблизу джерела забруднення (до 2-3 км). Локальність підлугування та забруднення іонами амонію пояснюється нейтралізацією його сіркоутримуючими інгредієнтами. Доказом цього є високий вміст NH_4^+ і SO_4^{2-} .

Важливими показниками є не тільки кислотність та концентрація NH_4^+ та аніонів, але й сума і співвідношення іонів. Співвідношення необхідно виражати через порядкові ряди за зменшенням вмісту іонів і порівнювати з фоновим для регіону. Так, якщо у Степу України [8, 9] природно аніони розташовуються в такому порядку: $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$, то при сильному забрудненні їх співвідношення змінюється: $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^-$.

При забрудненні довкілля цементним виробництвом поряд із вмістом пилу та лужних катіонів, необхідно визначати вміст HCO_3^- , а при сильному підлугуванні ($\text{pH} > 8$) і CO_3^{2-} (табл.).

Табл. Зміни хімізму снігового покриву при різних типах промислового забруднення атмосфери

Показники	Тип забруднення				
	Виробництва та агломерації із домінуванням у викидах SO_2 , NO_x , NH_4			Цементні виробництва	Теплові електростанції
	Волинське Полісся	Центральний Лісостеп	Лівобережний Степ		
pH	Збільшення до $\text{pH} \geq 7,0$. В санітарно-захисній зоні (СЗЗ) – до $\text{pH} \geq 8,0$			Дуже сильне підлугування до $\text{pH} = 8-9^*$	Підлугування до $\text{pH} \geq 7,0$
Ca^{2+}	Істотно не змінюється			Значне зростання. Основна причина підлугування*	Зростання вмісту. Одна з причин підлугування
Mg^{2+}	Істотно не змінюється			Деяке зростання	Деяке зростання
K^+	Істотно не змінюється			Зростання вмісту. Одна з причин підлугування*	Зростання вмісту. Одна з причин підлугування
Na^+	Істотно не змінюється			Деяке зростання	Деяке зростання
NH_4^+	Зростання вмісту.* Основна причина підлугування			Не змінюється	Істотно не змін-ся
HCO_3^-	Можливе деяке незначне зростання			Зростання вмісту*	Зростання вмісту
CO_3^{2-}	Відсутній			Виявлене при сильно-му забрудненні*	Відсутній
SO_4^{2-}	Зростання вмісту		Значне зростання особливо в СЗЗ	Істотно не змінюється	Зростання вмісту
Cl^-	Істотно не змінюється		Можливе деяке зростання вмісту	Істотно не змінюється	Істотно не змін-ся
NO_3^-	Зростання		Значне зростання вмісту	Істотно не змінюється	Зростання вмісту
Співвідношення катіонів	Зростання відсотку іонів амонію в сумі катіонів			Абсолютне домінування Ca^{2+} (до 80 %), зростання відсотку K^+ та зменшення відсотку Mg^{2+} , Na^+	Зростання вмісту кальцію (до 50-60 % від суми) та калію
Співвідношення аніонів	Зростання відсотку сульфатів і нітратів у сумі аніонів			Зростання вмісту HCO_3^- , при сильному забрудненні CO_3^{2-}	Зростання вмісту HCO_3^-
Мінералізація	Зростання		Сильне зростання	Сильне зростання*	Зростання
Інші показники	-	-	-	Значне зростання пилу*. > 60 % всього забруднення	Зростання вмісту попелу та важких металів
Який тип седиментації переважає	Вологий	Вологий	Вологий	Сухий	Сухий

Примітка: *Яскраво виражена просторова залежність зростання вмісту з наближенням до джерела забруднення. З аномальними значеннями в санітарно-захисній зоні та на території виробництва.

Важливим є також співвідношення лужних катіонів. Так, якщо для Лісостепу України характерний такий їх відсоток і порядок розміщення: Ca^{2+} (54 %) > Na^+ (23) > Mg^{2+} (14) > K^+ (9 %), то при даному типі забруднення у Прикарпатті це співвідношення істотно змінюється: Ca^{2+} (70-80 %) > K^+ (8-20) > Mg^{2+} (5-16) > Na^+ (5-11 %), а на північній межі Східного Лівобережного Степу: Ca^{2+} (54-83 %) > K^+ (10-27 %) > Mg^{2+} (10-27 %) > Na^+ (3-6 %).

Для цього типу забруднення особливо виражена просторова залежність забруднення снігу від відстані до джерела емісії. Максимальний рівень відзначається в санітарно-захисній зоні, оскільки основною складовою викидів є великодисперсний пил, який осідає у відносно невеликому радіусі від джерела. Відзначається тісний взаємозв'язок між обсягом викидів та рівнем і радіусом забруднення снігового покриву. Введення нових технологічних потужностей або збільшення висоти емісії посилює забруднення та значно розширює його радіус.

Різко зменшується рівень підлугування із віддаленням від узлісся в глибину лісового масиву. При цьому, якщо в зоні сильної седиментації вміст лужних катіонів під кронами дерев значно більший, ніж у вікнах деревного намету, то в глибині масиву, як і на контролі, ця різниця не істотна.

У районі теплових електростанцій причиною підлугування є лужні та важкі метали (Cd, Ni, Cu, Zn), які містяться у попелі, що викидається. Зростає також вміст гідрокарбонатів, які домінують серед аніонів. Цим процес забруднення схожий на той, що відбувається в зоні цементних виробництв. Відмінність полягає в тому, що Ca^{2+} не є абсолютно домінуючим катіоном. Завдяки великій висоті емісії ТЕС забруднювачі рівномірно розсіюються у просторі. Тому рН, як правило, не перевищує 7,0. З іншого боку, такий рівень кислотності складається завдяки балансу між катіонами лужних і важких металів та аніонами SO_4^{2-} і NO_3^- , високий вміст яких відзначається в опадах.

Підсумовуючи сказане вище, необхідно зазначити, що хімічний склад снігового покриву може служити інтегральним показником забруднення довкілля та дає змогу прогнозувати зміни хімізму компонентів лісової екосистеми.

Література

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 742 с.
2. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 182 с.
3. Ворон В.П., Лавров В.В., Присада І.А., Стельмахова Т.Ф. Екологічне нормування аеротехногенного забруднення лісових екосистем// Лісівництво і агролісомеліорація. – Харків: РВП "Оригінал". – 1999, вип. 95. – С. 3-8.
4. Дроздова В.М., Петренчук О.П., Селезнева Е.С., Свистов П.Ф. Химический состав атмосферных осадков на Европейской территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 209 с.
5. Зоны загрязнения снежного покрова вокруг городов на территории СССР// Каталог ореолов для городов с населением более 50 тыс. человек/ Государственный гидрологический институт. – Л., 1988. – 125 с.
6. Израэль Ю.А., Назаров И.М., Прессмен А.Я., Ровинский Ф.Я. и др. Кислотные дожди. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 269 с.
7. Мартинюк А.А., Коженков Л.Л., Дороничева Е.В. и др. Экологическое нормирование техногенного воздействия на леса. Основные итоги исследований// Проблемы екології лісу і лісокористування на Поліссі України. – Житомир: Волинь. – 2001, вип. 2 (8). – С. 116-124.
8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 1993 році. – К.: Книжкова друкарня наукової книги, 1994. – 309 с.
9. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 1997 році. – К.: Вид-во Раєвського, 1998. – 96 с.
10. Петренчук О.П. Экспериментальные исследования атмосферного аэрозоля. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 264 с.
11. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 326 с.
12. Хорват Л. Кислотный дождь. – М.: Стройиздат, 1990. – 84 с.